

重庆市工程建设标准

混凝土结构构件质量缺陷检测技术标准

Technical standard for quality defect detection of  
concrete structural members

DBJ50/T-428-2022

主编单位:重庆市建筑科学研究院有限公司

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期:2023年01月01日

2022 重 庆

重庆工程学校

# 重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标〔2022〕30 号

## 重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《混凝土结构构件质量缺陷检测 技术标准》的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、西部科学城重庆高新区、重庆经开区、万盛经开区、双桥经开区建设局,有关单位:

现批准《混凝土结构构件质量缺陷检测技术标准》为我市工程建设地方标准,编号为 DBJ50/T-428-2022,自 2023 年 1 月 1 日起施行。标准文本在施行后可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

2022 年 10 月 31 日

重庆工程学校

## 前 言

根据重庆市城乡建设委员会《关于下达 2007 年度建设科研项目计划的通知》(渝建发【2007】281 号)的要求,重庆市建筑科学研究院有限公司会同有关单位,经广泛调查研究,总结实践经验,并参考有关国家和其他省市地方标准,在充分征求意见的基础上,经过讨论、修改,制定本标准。

本标准的主要技术内容是:1 总则;2 术语;3 基本规定;4 结构构件尺寸及钢筋偏差检测;5 变形与位移;6 外观缺陷与内部缺陷检测;7 强度检测;8 火灾损伤检测;9 耐久性检测;10 有害物质含量检测。

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。在执行过程中,如有意见或建议请寄送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,传真:023-63300065,邮箱:cqsjky@163.com)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人员：

主 编 单 位：重庆市建筑科学研究院有限公司

副主编单位：重庆建工第四建设有限责任公司

参 编 单 位：重庆市渝北区建设工程质量监督站检测所

重庆建设工程质量监督检测有限公司

重庆建工第八建设有限责任公司

主要起草人：林文修 李志坤 余政兵 苏定勤 李建荣

杨 东 姜洪麟 谢 松 晏维江 哈志强

陈祠云 刘保全 杨显锋 唐朋胜 李 康

杜玉荣 陈 浪 范 宇 代雪梅 许小红

屈 航 陈 亮 杨 彬 桂 林 邓 宇

审 查 人 员：石从黎 叶建雄 张 意 李亚梅 李有能

邹时畅 宋开伟

# 目 次

|     |                     |    |
|-----|---------------------|----|
| 1   | 总则                  | 1  |
| 2   | 术语、符号               | 2  |
| 2.1 | 术语                  | 2  |
| 2.2 | 符号                  | 3  |
| 3   | 基本规定                | 5  |
| 4   | 结构构件尺寸及钢筋偏差检测       | 7  |
| 4.1 | 一般规定                | 7  |
| 4.2 | 梁、柱、板及节点的截面尺寸检测     | 7  |
| 4.3 | 钢筋的直径、间距及保护层厚度检测    | 8  |
| 5   | 变形与位移               | 9  |
| 6   | 外观缺陷与内部缺陷检测         | 11 |
| 6.1 | 一般规定                | 11 |
| 6.2 | 外观缺陷检测              | 11 |
| 6.3 | 超声波法检测混凝土内部缺陷       | 13 |
| 6.4 | 超声波法检测钢—混凝土组合结构内部缺陷 | 14 |
| 6.5 | 面波法                 | 16 |
| 6.6 | 冲击回波法检测混凝土内部缺陷      | 19 |
| 6.7 | 雷达法检测混凝土内部缺陷        | 23 |
| 7   | 强度检测                | 27 |
| 7.1 | 一般规定                | 27 |
| 7.2 | 抽样方案与抽样方法           | 28 |
| 7.3 | 钻芯法检测混凝土抗压强度        | 33 |
| 7.4 | 回弹法检测混凝土抗压强度        | 35 |
| 7.5 | 回弹—取芯法检测混凝土抗压强度     | 37 |
| 7.6 | 超声—回弹综合法检测混凝土抗压强度   | 39 |

|      |                |    |
|------|----------------|----|
| 7.7  | 后装拔出法检测混凝土抗压强度 | 41 |
| 8    | 火灾损伤检测         | 43 |
| 9    | 耐久性检测          | 45 |
| 9.1  | 一般规定           | 45 |
| 9.2  | 碳化深度检测         | 45 |
| 9.3  | 钢筋锈蚀及力学性能损失检测  | 46 |
| 9.4  | 抗氯离子渗透性能检测     | 47 |
| 9.5  | 抗硫酸盐侵蚀性能检测     | 49 |
| 10   | 有害物质含量检测       | 51 |
| 10.1 | 游离氧化钙检测        | 51 |
| 10.2 | 氯离子含量检测        | 52 |
| 10.3 | 碱含量检测          | 54 |
|      | 本标准用词说明        | 58 |
|      | 引用标准名录         | 59 |
|      | 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 requirement .....                                                                                | 5  |
| 4   | Inspection for structural dimensions and rebar dimensions .....                                        | 7  |
| 4.1 | General requirement .....                                                                              | 7  |
| 4.2 | Size inspection for beam, column, plate and nodes<br>.....                                             | 7  |
| 4.3 | Inspection for diameter, spacing of reinforcing steel and<br>depth of concrete cover of concrete ..... | 8  |
| 5   | Deformation and displacement .....                                                                     | 9  |
| 6   | Inspection for appearance and internal defects .....                                                   | 11 |
| 6.1 | General requirement .....                                                                              | 11 |
| 6.2 | Inspection for apparent defects structural member<br>.....                                             | 11 |
| 6.3 | Ultrasonic inspection for internal defects structural<br>member .....                                  | 13 |
| 6.4 | Ultrasonic inspection for internal defects steel—concrete<br>structural member .....                   | 14 |
| 6.5 | Surface wave method .....                                                                              | 16 |
| 6.6 | Impact—echo inspection for internal defects structural<br>member .....                                 | 19 |
| 6.7 | Radar inspection for internal defects structural member<br>.....                                       | 23 |

|      |                                                                                   |    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7    | Inspection for strength of concrete structural member                             | 27 |
| 7.1  | General requirement                                                               | 27 |
| 7.2  | Sampling scheme and sampling method                                               | 28 |
| 7.3  | Detection of concrete compressive strength by core drilling method                | 33 |
| 7.4  | Etecton of concrete compressive strength by rebound method                        | 35 |
| 7.5  | Detection of concrete compressive strength by rebound coring method               | 37 |
| 7.6  | Ultrasonic rebound comprehensive method for testing concrete compressive strength | 39 |
| 7.7  | Detection of concrete compressive strength by post loading pull—out method        | 41 |
| 8    | Inspection for damage by fire                                                     | 43 |
| 9    | Inspection for durability                                                         | 45 |
| 9.1  | General requirement                                                               | 45 |
| 9.2  | Inspection for carbonization depth                                                | 45 |
| 9.3  | Detection for corrosion and mechanical property loss of reinforcement             | 46 |
| 9.4  | Detection of chloride ion penetration resistance                                  | 47 |
| 9.5  | Sulfate corrosion resistance test                                                 | 49 |
| 10   | Inspection for harmful substance scontent                                         | 51 |
| 10.1 | Inspection for free calcium oxide                                                 | 51 |
| 10.2 | Inspection for chloride ion content                                               | 52 |
| 10.3 | Inspection for alkali content                                                     | 54 |
|      | Explanation of wording in this specification                                      | 58 |
|      | List of quoted standards                                                          | 59 |
|      | Explanation of provisions                                                         | 61 |

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范混凝土结构构件质量缺陷检测方法和技术要求,保证检测结果的可靠性,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于重庆市范围内新建、改建和扩建的建筑工程中混凝土结构构件的质量缺陷检测。

**1.0.3** 建筑工程中混凝土结构构件质量缺陷检测除应执行本标准的规定外,尚应符合国家、行业及重庆市现行有关标准的规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术语

#### 2.0.1 质量缺陷 quality defects

指混凝土结构构件在生产制作与使用过程中,实际检测值不满足原设计要求或标准规定偏差范围的质量性能。

#### 2.0.2 外观缺陷 appearance defect

可能对混凝土外观质量和结构使用功能造成影响的蜂窝、麻面、孔洞、露筋、裂缝、疏松脱落等外在形式的欠缺或不完整。

#### 2.0.3 内部缺陷 internal defect

混凝土结构内部存在的密实区、低强度区、空洞、异物等缺陷。

#### 2.0.4 检测批 inspection Lot

检测项目相同、质量要求和生产工艺等基本相同,由一定数量构件等构成的检测对象。

#### 2.0.5 测区 testing zone

按检测方法要求布置的,有一个或若干个测点的区域。

#### 2.0.6 测点 testing point

在测区内,取得检测数据的检测点。

#### 2.0.7 非破损检测方法 method of non-destructive test

在检测过程中,对结构的既有性能没有影响的检测方法。

#### 2.0.8 局部破损检测方法 method of part-destructive test

在检测过程中,对结构的既有性能有局部和暂时的影响,但可修复的检测方法。

#### 2.0.9 换算强度 conversion value of concrete compressive strength

用非破损方法在混凝土结构或构件上测得的物理特征值,通

过事先建立的混凝土强度曲线转化成混凝土强度值。

#### 2.0.10 强度推定值 derived value of concrete strength

用非破损方法求得的换算强度或用钻芯法求得的混凝土强度值,经过换算成相当于边长 150mm 立方体标准混凝土的试件强度。

#### 2.0.11 超声回弹综合法 ultrasonic-rebound combined method

通过测定混凝土的超声波声速值和回弹值检测混凝土抗压强度的方法。

#### 2.0.12 钻芯法 drilled core method

通过从结构或构件中钻取圆柱状试件检测材料强度的方法。

### 2.2 符 号

$t_c$ ——冲击持续时间。

$C_R$ ——混凝土面波波速。

$x$ ——振幅比。

$\hat{x}$ ——修正后振幅比。

$C_P$ ——混凝土 P 波波速。

$h_c$ ——被测部位混凝土结构缺陷预估深度。

$\beta$ ——结构截面的几何形状系数。

$\epsilon_r$ ——混凝土相对介电常数。

$v$ ——混凝土介质中的电磁波速。

$C$ ——真空中的电磁波速度。

$\Delta X$ ——相邻测点间距。

$f_r$ ——天线中心频率。

$\omega$ ——时窗长度。

$h_{\max}$ ——拟检测目标体的最大深度。

$S_p$ ——雷达波形最小采集点数。

$\mu_1$  —— 均值(0.5 分位值) $\mu$  推定区间的上限值。

$\mu_2$  —— 均值(0.5 分位值) $\mu$  推定区间的下限值。

$m$  —— 样本的算术平均值。

$s$  —— 样本标准差。

$k$  —— 推定区间限值系数。

$f_{cu,e}$  —— 构件混凝土抗压强度推定值。

$mf_{cu}^c$  —— 测区换算强度平均值。

$sf_{cu}^c$  —— 测区换算强度标准差。

$f_{cu,i}^c$  —— 测区混凝土抗压强度换算值。

$\nu_{ai}$  —— 测区声速代表值。

$R_{ai}$  —— 测区回弹代表值。

$\Delta_{cu,z}$  —— 修正量。

$F_i$  —— 极限拔出力。

$\Delta_{cu,z}$  —— 修正量。

$K_f$  —— 强度耐腐蚀系数。

$f_{cor,s,mo}$  —— 3 个对比试件的抗压强度平均值。

$f_{cor,s,m}$  —— 3 个硫酸盐侵蚀试件抗压强度平均值。

$N_{sR}$  —— 推定的混凝土抗硫酸盐等级。

$N_s$  —— 停止试验时的干湿循环次数。

$\xi_{cor}$  —— 芯样试件强度变化的百分率。

$f_{cor}$  —— 未沸煮芯样试件抗压强度。

$f_{cor}^*$  —— 同组沸煮芯样试件抗压强度。

### 3 基本规定

3.0.1 混凝土结构构件质量缺陷检测项目包括以下内容：

- 1 结构构件尺寸与钢筋偏差；
- 2 开裂、变形与位移；
- 3 外观缺陷与内部缺陷；
- 4 火灾损伤；
- 5 耐久性劣化，包括混凝土碳化、钢筋锈蚀、钢筋力学性能

损失。

3.0.2 检测工作应明确检测目的、检测范围、检测内容和检测方案，包括工程调查、大纲编写、现场检测、检测结果分析、报告编写等。

3.0.3 应根据检测目的、结构类型、结构状态、环境条件等选用适宜的检测方法。

3.0.4 检测工作宜避免对结构造成损伤，如无法避免时，应采取相应措施减小对结构性能的影响。

3.0.5 检测仪器、设备应完好、正常，精度应满足检验要求，并在检定或校准有效期内。

3.0.6 在检测资料整理、计算分析过程中，出现检测数据矛盾或异常情况时，应及时补充检测。

3.0.7 检测报告应做出所检项目是否符合设计要求或标准规范规定偏差范围的评定，检测报告至少应包括以下内容：

- 1 委托单位名称；
- 2 建筑工程概况，包括工程名称、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；

- 5 检测项目、检测方法及依据的标准；
  - 6 抽样方案及数量；
  - 7 检测日期、报告完成日期；
  - 8 检测结果、检测结论；
  - 9 主检、审核及批准人员的签名。
- 3.0.8** 检测操作应符合安全生产规范要求,保证操作人员人身安全。



## 4 结构构件尺寸及钢筋偏差检测

### 4.1 一般规定

4.1.1 混凝土结构构件尺寸及钢筋偏差检测项目包括梁、柱、板及节点的截面尺寸检测与钢筋的直径、间距、保护层厚度检测。

4.1.2 混凝土结构构件尺寸及钢筋尺寸检测时,应采取措施消除构件表面抹灰层、装修层等造成的影响。

4.1.3 对于使用不当、受环境侵蚀或灾害影响的构件,检测截面尺寸时应包括损伤最严重部位和构件受力薄弱部位,并提供检测位置说明。

### 4.2 梁、柱、板及节点的截面尺寸检测

4.2.1 梁、柱及节点的尺寸检测宜采用精度为 1mm 钢尺或卷尺量测。板厚宜采用无损测厚仪检测,必要时采用局部破损方法验证。检测结果精确至 1mm。

4.2.2 检测梁、柱截面的高度和宽度时,应用钢尺或卷尺量一端及中部,取偏差绝对值较大处。

4.2.3 检测板的厚度时,宜用钢尺或卷尺量,也可采用板厚测定仪测一端及中部,取偏差绝对值较大处。

4.2.4 构件节点截面尺寸检测宜根据节点实际情况,按本标准 4.2.1 条至 4.2.3 条分别对节点上的梁、柱(柱帽)、板等构件进行检测。

### 4.3 钢筋的直径、间距及保护层厚度检测

**4.3.1** 混凝土中钢筋直径宜采用原位实测法检测。可采用钢筋探测仪检测钢筋公称直径或在局部破损下采用满足精度要求的游标卡尺测量钢筋直径。检测结果精确至 0.1mm。

**4.3.2** 原位实测法检测混凝土中钢筋直径应符合下列规定：

1 采用钢筋探测仪确定待检钢筋位置，剔除混凝土保护层，露出钢筋；

2 用游标卡尺随机量测同一根钢筋的直径，同一部位重复测量 3 次，将 3 次测量结果的平均值作为该测点钢筋直径，同一根钢筋取 3 个测点的平均值，检测结果精确至 0.1mm。

**4.3.3** 混凝土中钢筋间距和保护层厚度可采用无损钢筋探测仪检测，必要时采用局部破损方法验证。

## 5 变形与位移

**5.0.1** 建筑主体挠度检测,除检测点应按建筑结构类型在各不同高度或各层处沿一定垂直方向布设外,其标志设置、检测方法应按《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定执行。挠度值应由建筑上不同高度点相对于底部固定点的水平位移值确定。

**5.0.2** 混凝土结构构件的挠度,可采用水准仪、免棱镜全站仪、激光测距仪、拉线、摄影测量等方法检测。当观测条件允许时,宜采用挠度计、位移传感器和百分表等设备直接测定。构件的测点宜选 5 点,计算构件挠度。

**5.0.3** 建筑主体垂直度检测应测定建筑整体和层间的倾斜度与倾斜方向。应区分结构主体与装饰面垂直度。

**5.0.4** 当从建筑或构件的外部检测建筑主体垂直度时,宜选用经纬仪或全站仪,按以下方法检测:

1 投点法。检测时,应在底部检测点位置安置水平读数尺等量测器具。在每测站安置仪器投影时,应按正倒镜法测出每对上下检测点标志间的偏移量,再按矢量相加法求得倾斜量和位移方向(倾斜方向);

2 测水平距离法。对塔形、圆形建筑或构件,每测站的检测应以定向点作为零方向,测出各检测点的方向值和至底部中心的距离,计算顶部中心相对底部中心的水平位移分量。水平距离检测方法宜多测点,确定差异位置;

3 前方交会法。所选基线应与检测点组成最佳构形,交会角宜在  $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$  之间。水平位移计算,可采用直接由两次检测方向值之差解算坐标变化量的方向差交会法,亦可采用按每次计算检测点坐标值,再以坐标差计算水平位移的方法。

**5.0.5** 混凝土结构或构件的垂直度,可采用吊锤、光学经纬仪、

电子经纬仪、免棱镜全站仪、激光测量等进行检测,技术要求可按《工程测量规范》GB 50026、《建筑变形测量规范》JGJ 8 的规定执行。宜区分倾斜中施工偏差造成的倾斜、装饰面倾斜、变形倾斜、灾害造成的倾斜等。

**5.0.6** 混凝土构件轴线位置偏差应根据场地条件选择光学经纬仪、电子经纬仪、免棱镜全站仪、激光测量等进行检测,技术要求可按《工程测量规范》GB 50026 规定执行,检测结果评定应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定执行。

## 6 外观缺陷与内部缺陷检测

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 混凝土结构构件外观缺陷检测宜采用资料调查、描述、目测、量测、摄录等方法。
- 6.1.2 混凝土结构构件内部缺陷检测宜采用超声波法、冲击回波法、雷达法,必要时可采用钻芯取样试验进行验证。
- 6.1.3 采用超声波法、冲击回波法、雷达法检测混凝土结构构件内部缺陷时,应避免环境噪声和电磁辐射对仪器采集信号的干扰。
- 6.1.4 重要混凝土结构构件的内部缺陷检测宜采用两种或两种以上的检测方法。

### 6.2 外观缺陷检测

- 6.2.1 混凝土结构构件外观缺陷主要分为露筋、蜂窝、孔洞、夹渣、疏松、裂缝、麻面等,其检测内容与结果判断应符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 混凝土结构及构件外观缺陷

| 名称 | 现象                  | 检测内容                     | 严重缺陷        | 一般缺陷      |
|----|---------------------|--------------------------|-------------|-----------|
| 露筋 | 构件内钢筋未被混凝土包裹而外露     | 露筋部位、钢筋分布,外露钢筋数量、状态,锈蚀情况 | 纵向受力钢筋有露筋   | 其他钢筋有少量露筋 |
| 蜂窝 | 混凝土表面缺少水泥砂浆而形成的石子外露 | 蜂窝部位、面积                  | 构件主要受力部位有蜂窝 | 其他部位有少量蜂窝 |

续表 6.2.1

| 名称     | 现象                     | 检测内容                      | 严重缺陷                     | 一般缺陷                   |
|--------|------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| 孔洞     | 混凝土中空穴深度和长度均超过保护层厚度    | 孔洞部位、大小、深度                | 构件主要受力部位有孔洞              | 其他部位有少量孔洞              |
| 夹渣     | 混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度     | 夹渣部位、面积                   | 构件主要受力部位有夹渣              | 其他部位有少量夹渣              |
| 疏松     | 混凝土中局部不密实              | 疏松部位、面积                   | 构件主要受力部位有疏松              | 其他部位有少量疏松              |
| 裂缝     | 裂缝从混凝土表面延伸至混凝土内部       | 裂缝位置、分布、形态、走向、长度、宽度、深度和数量 | 构件主要受力部位有影响结构性能或使用功能的裂缝  | 其他部位有少量不影响结构性能或使用功能的裂缝 |
| 外表缺陷   | 构件表面麻面、掉皮、起砂、沾污等       | 缺陷部位、面积                   | 具有重要装饰效果的清水混凝土构件有外表缺陷    | 其他混凝土构件有不影响使用功能的外表缺陷   |
| 连接部位缺陷 | 构件连接处混凝土有缺陷或连接钢筋、连接件松动 | 缺陷部位、程度                   | 连接部位有影响结构传力性能的缺陷         | 连接部位有不影响结构传力性能的缺陷      |
| 外形缺陷   | 缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞边凸肋等   | 缺陷部位、大小                   | 清水混凝土构件有影响使用功能或装饰效果的外形缺陷 | 其他混凝土构件有不影响使用功能的外形缺陷   |

**6.2.2** 现场检测时,宜对受检范围内结构构件的外观缺陷进行全数检查;当不具备全数检查条件时,应注明未检查的结构构件及区域。

**6.2.3** 混凝土结构构件外观缺陷的相关参数可根据缺陷的情况按下列方法检测:

- 1 露筋长度可采用钢尺或卷尺测量；
- 2 蜂窝和疏松的部位和范围可采用钢尺或卷尺测量，如委托方有要求时，也可通过剔凿、成孔等方法测量蜂窝深度；
- 3 孔洞直径可采用钢尺测量，深度可采用游标卡尺测量；
- 4 表面裂缝的最大宽度可采用读数显微镜、塞尺和测缝计测量，表面裂缝的长度可采用钢尺或卷尺测量，并绘图标示裂缝的分布与走向；
- 5 麻面、掉皮、起砂的部位和范围可采用钢尺或卷尺测量；
- 6 连接部位及外形缺陷部位和范围可采用钢尺或卷尺测量，并描述缺陷形态特征。

### 6.3 超声波法检测混凝土内部缺陷

#### 6.3.1 超声波检测仪宜为数字式，并符合下列规定：

- 1 可对接收的超声波波形和声时进行数字化采集和存储；
- 2 应具有清晰、稳定的波形显示波装置；
- 3 应具备手动游标测读和自动整形两种声时测读功能，且自动测读时可标记出声时的测读位置。

#### 6.3.2 数字式混凝土超声波检测仪的性能指标应符合下列规定：

- 1 声时测量范围宜为  $0.1\mu\text{m}\sim 999.9\mu\text{m}$ ，声时分辨率应为  $0.1\mu\text{s}$ ，实测声速的相对测量允许误差应为  $\pm 0.5\%$ ；在 1h 内每 5min 测读一次的声时允许误差应为  $\pm 0.2\mu\text{s}$ ；
- 2 幅度测量范围不宜小于 80dB，幅度分辨率应为 1dB；
- 3 仪器信号接收系统的频带宽度应为 10kHz $\sim$ 250kHz；
- 4 信噪比为 3:1 时，接收灵敏度不应大于  $50\mu\text{V}$ 。

#### 6.3.3 超声波法检测混凝土内部缺陷时，应根据结构形状和测试条件采用不同的测试方法：

- 1 具有两个相互平行的测试面的混凝土结构应直接采用对

测法、斜测法、汇交法；

2 具有一个测试面或测试距离较大的混凝土结构应采用钻孔法；

3 埋入地下混凝土结构应采用钻孔法。

6.3.4 超声波法检测混凝土裂缝深度应根据裂缝的性状与结构的性状选用单面平测法、双面斜测法、钻孔对测法。

### 6.4 超声波法检测钢—混凝土组合结构内部缺陷

6.4.1 钢—混凝土组合结构内部缺陷包括钢管混凝土、钢管混凝土叠合构件和封闭式型钢混凝土的内部缺陷。

6.4.2 检测时，与换能器接触的钢管表面应光洁，与换能器接触的混凝土表面应平整光滑，无明显缺陷。

6.4.3 钢管混凝土和钢管混凝土叠合构件中的钢管为圆形时，测点的布置宜采用径向对测的方法，其余形式可采用直接对测的方法，如图 6.4.3 所示。测点的布置方向可根据工程实际情况进行合理选择。

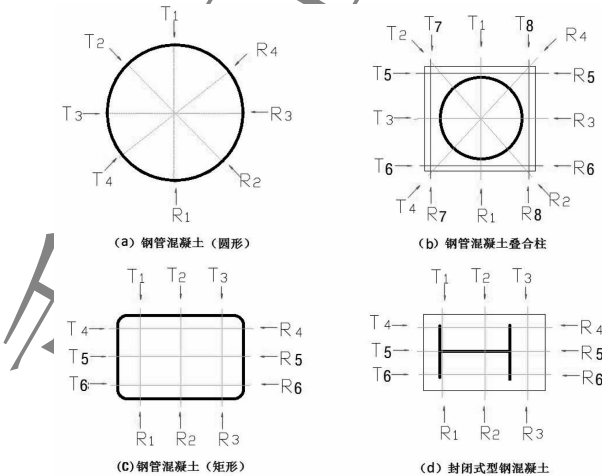


图 6.4.3 钢—混凝土组合结构测点布置示意图



1 径向对测时,在构件每一环线上保持 T、R 换能器连线通过钢管圆心,按每一测面,量取测距,精确至 1mm。逐点读取声时、波幅和主频,如图 6.4.3(a)、(b)中 T1—R1~T4—R4;

2 径向对测布置测点时,可先测量钢管实际周长,再将周长等分,在钢管测试部位画出若干根母线和等间距的环向线,各测线间距宜为 150mm~300mm;

3 检测钢管混凝土叠合构件缺陷时,应在采集钢管芯外混凝土位置直接对测数据,测试钢管芯外混凝土质量情况,如图 6.4.3(b)中 T5—R5~T8—R8;

4 直接对测时,在构件每一环线上保持 T、R 换能器连线平行通过构件,按每一测面,量取测距,精确至 1mm。逐点读取声时、波幅和主频,如图 6.4.3(c)、(d);

5 直接对测布置测点时,可分别在构件测试面的纵向和横向画出若干根测试线,各测线间距宜为 100mm~200mm。

6.4.4 检测条件允许时,应尽量保持 T、R 换能器测线与测面相互垂直,避免产生横波。

6.4.5 当只检测钢—混凝土组合结构中内部混凝土的密实度时,宜在同条件混凝土强度达到 70%后且龄期在 7d 内进行检测。

6.4.6 进行钢管壁与混凝土的脱粘空隙的检测前,可先采用敲击法进行排查,对明显脱空的位置进行脱空异常点声学参数采集,读取声时、波幅和主频。

6.4.7 对于截面尺寸较大的钢管混凝土构件和较复杂的型钢混凝土构件,可采用预埋声测管的方法,采用径向换能器与平面换能器组合的方式进行检测,型钢混凝土构件中声测管的埋设也可按下述要求进行:

1 声测管适用于竖向构件,应平行于构件的长度方向进行固定,下端封闭,上端加盖,管内灌水无异物,声测管应尽量采用钢管,内径应大于径相换能器外径。埋设位置不应対结构本身产生损坏或有不良影响;

2 声测管的埋设数量及位置应结合构件的实际构造进行。对于型钢组合形成的密闭空间或半密闭空间内的混凝土质量检测,声测管埋设数量不少于 2 根,用于声测管之间进行检测。对型钢外的混凝土质量检测,在不同方向上声测管埋设数量不少于 1 根,用于与混凝土外的水平换能器测点之间进行组合测试。

6.4.8 钢—混凝土组合结构缺陷检测前,有条件时,宜设置与现场同条件的模型构件,进行对比测试。

6.4.9 数据处理与判断按下列要求进行:

1 统计、计算并判别同一测距的声时、波幅和频率的异常值;

2 当同一测位的测试数据离散性较大或数据较少时,可将怀疑部位的声速、波幅、主频与同条件的正常部位的声学参数相比较,综合分析判断所测部位的内部质量;

3 当用敲击法初步判断有明显脱空位置时,可将明显脱空部位的声速、波幅、主频与相同条件的其余部位的声学参数相比较,综合分析判断其余检测部位的脱粘情况;

4 数据的分析处理时,应综合考虑钢管或型钢可能造成的短路、绕射等不利影响。通过理论计算与实测数据的比较,确定声波传递的线路,当不能确定声波传递方向或对测试数据有怀疑时,应考虑采用钻孔取样等微破损方法进行验证检测。

## 6.5 面波法

6.5.1 本方法适用于检测形状规则、测试面较大的混凝土内部的深层裂缝。

6.5.2 主要检测仪器包括:冲击器、传感器、数据采集分析系统、游标卡尺、钢卷尺等。

6.5.3 检测仪器和设备应符合下列要求:

1 冲击头应根据检测缺陷深度选择并可更换;

2 传感器应采用具有接收表面垂直位移响应的宽带换能器,应能够检测到由冲击产生的沿着表面传播的 P 波到达时的微小位移信号;

3 数据采集分析系统应具有功能查询、信号触发、数据采集、滤波、快速傅里叶变换(FFT);

4 采集系统应具有预触发功能,触发信号到达前应能采集不少于 100 个数据记录;

5 接收器与数据采集仪的连接电缆应无电噪声干扰,外表应屏蔽、密封,与插头连接应牢固。

6.5.4 组成测试系统的精度要求应满足厚度测量,相对误差不超过 5%。

6.5.5 测点布置应符合下列要求:

- 1 应避开混凝土表面蜂窝、结构缝位置;
- 2 测线宜与裂缝走向正交。

6.5.6 裂缝深度检测应符合下列要求:

- 1 测点表面应平整,传感器应垂直于检测表面;
- 2 应采用“一发双收”测试方式。接收点应跨缝等距离布置,冲击点与一接收点应置于裂缝同侧。各点应处于同一测线上,如图 6.5.6 所示;

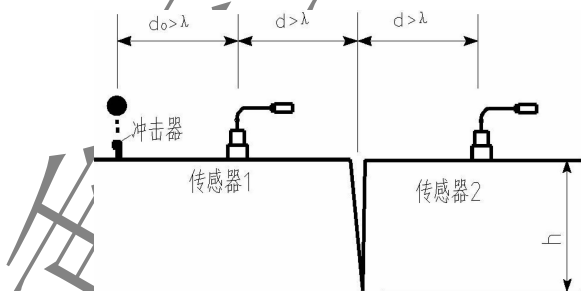


图 6.5.6 传感器的布置

$h$ ——裂缝深度; $d_0$ ——冲击点与传感器 1 的距离; $d$ ——传感器与裂缝距离

3 冲击点与接收点间距、接收点与裂缝间距应大于激发的

面波波长  $\lambda$ , 可取 1~2 倍  $\lambda$ ,  $\lambda$  值可按下式估算:

$$\lambda \approx 2t_c CR \quad (6.5.6-1)$$

式中  $t_c$ ——冲击持续时间, s;

$CR$ ——混凝土面波波速, m/s, 估算时可取 2000m/s。

4 冲击产生的面波传递至裂缝另一侧传感器的振幅比应按式计算:

$$x = \frac{A_2}{A_1} \sqrt{\frac{2d + d_0}{d_0}} \quad (6.5.6-2)$$

式中  $x$ ——振幅比;

$A_1$ ——传感器 1 测试得到的面波最大振幅;

$A_2$ ——传感器 2 测试得到的面波最大振幅;

$d_0$ ——冲击点与传感器 1 距离, m;

$d$ ——传感器 1 和 2 与裂缝距离, m。

5 当裂缝面穿过钢筋时, 振幅比可按下式修正:

$$\hat{x} = x - n \quad (6.5.6-3)$$

式中  $\hat{x}$ ——修正后振幅比;

$n$ ——钢筋率。

6 裂缝深度应按式计算:

$$h = -\xi \ln \hat{x} \quad (6.5.6-4)$$

式中  $h$ ——裂缝深度, m;

$\xi$ ——常数, 宜通过标定得出。

6.5.7 检测结果应按下列规定进行校核:

1 裂缝深度检测结果  $h$  不应大于 1.3 倍面波波长  $\lambda$ , 否则应更换击振钢球的大小重新测试;

2 当  $h$  满足上述要求时, 应按 6.5.6 条对面波波长  $\lambda$  进行复核, 并按式 (6.5.6-4) 进行裂缝深度修正。

6.5.8 面波波长  $\lambda$  复核步骤应符合下列规定:

1 应选取与裂缝测线相近的、完整的混凝土结构;

2 应按照与裂缝深度测试相同的布点方式选取同样的冲

击器；

3 冲击产生的面波波速  $C_R$  应按下式计算：

$$C_R = \frac{2d}{t_2 - t_1} \quad (6.5.8-1)$$

式中  $t_1$ ——面波到达传感器 1 的时间；

$t_2$ ——面波到达传感器 2 的时间。

4 面波波长应按下式计算：

$$\lambda = \frac{C_R}{f_1} \quad (6.5.8-2)$$

式中  $f_1$ ——在裂缝测试时传感器 1 测试面波的卓越频率，可通过快速傅里叶变换(FFT)得到。

## 6.6 冲击回波法检测混凝土内部缺陷

6.6.1 本方法适用于仅具备单面测试条件混凝土结构的浅层缺陷检测。

6.6.2 主要检测仪器和设备包括：冲击器、传感器、数据采集分析系统、游标卡尺、钢卷尺等。

6.6.3 检测仪器和设备应符合下列要求：

1 冲击头应根据检测缺陷深度选择并可更换；

2 传感器应采用具有接收表面垂直位移响应的宽带换能器，应能够检测到由冲击产生的沿着表面传播的 P 波到达时的微小位移信号；

3 数据采集分析系统应具有功能查询、信号触发、数据采集、滤波、快速傅里叶变换(FFT)；

4 采集系统应具有预触发功能，触发信号到达前应能采集不少于 100 个数据记录；

5 接收器与数据采集仪的连接电缆应无电噪声干扰，外表应屏蔽、密封，与插头连接应牢固。

6.6.4 组成测试系统的精度要求应满足厚度测量，相对误差

超过 5%。

**6.6.5** 应先进行被检测混凝土结构无缺陷部位的 P 波波速测试。其波速值作为缺陷深度计算的基本参数。

**6.6.6** P 波波速测试应符合下列要求：

1 被测试的混凝土应均匀、密实、无缺陷，其 P 波波速值应具有代表性。当检查部位的混凝土材料及配比、施工方法等发生变化时，应重新进行 P 波波速的测试；

2 宜采用“一发双收”式测试方法。冲击点、固定接收点、移动接收点应处在同一测线上。固定接收点与冲击点的间距宜为  $(150 \pm 10)$  mm，移动接收点不宜少于 4 个，间距宜为 100 mm，距离量测应精确到 1 mm；

3 冲击操作时，应有足够的能量产生表面位移响应，其冲击持续时间宜为  $(30 \pm 10)$   $\mu$ s。冲击持续时间可从表面到达波的相应部分波形测量验证，如图 6.6.6-1 所示；

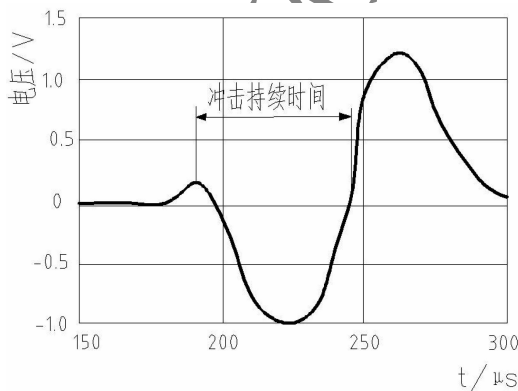


图 6.6.6-1 冲击时间估测示意图

4 应逐一测试每次激振时固定接收点和移动接收点的 P 波首波达到时间  $t_{01}$ 、 $t_{02}$ ，如图 6.6.6-2 所示；

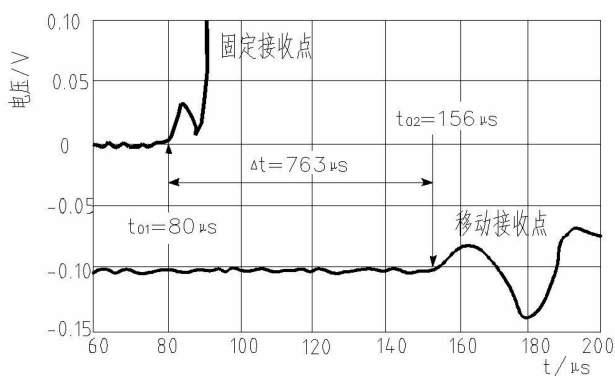


图 6.6.6-2 首波到达时间波形示意图

5 P 波波速值宜通过各移动接收点到固定接收点的距离与弹性波在两点之间的传播时间回归关系获得,如图 6.6.6-3 所示,其直线斜率即为 P 波波速值。

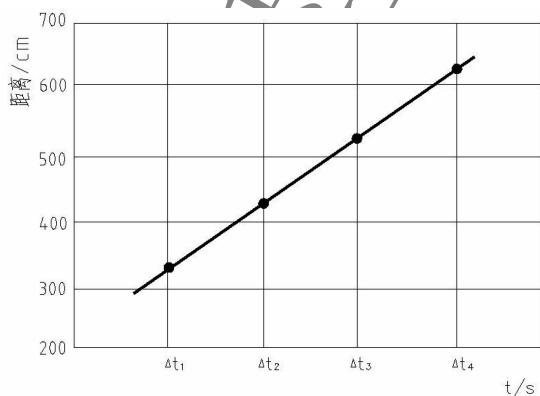


图 6.6.6-3 回归曲线示意图

#### 6.6.7 混凝土缺陷检测应符合下列要求:

- 1 测点宜呈网状布置,网格间距不宜大于 30cm,测试宜按某一方向逐点进行;
- 2 冲击点距接收点(测点)不宜大于 0.4 倍预估的缺陷深度;
- 3 冲击持续时间应小于 P 波往返传播时间,可按下式估算:

$$t_c < \frac{2h_c}{C_p} \quad (6.6.7)$$

式中  $t_c$ ——冲击持续时间, s;

$C_p$ ——混凝土 P 波波速, m/s;

$h_c$ ——被测部位混凝土结构缺陷预估深度, m。

4 每一测点应测试 2 次, 结果相同进行下一点测试, 否则应查明原因后复测;

5 应对采集的波形进行快速傅里叶变换, 当所得的振幅谱无明显峰值时, 应查明原因或改变激振球的大小重复测试; 当只有 1 个峰值时应判定混凝土无缺陷; 当有 2 个及以上的峰值时, 应判定混凝土存在缺陷, 并重复测试进行验证;

6 存在缺陷的混凝土部位应加密测点, 其间距不宜大于原测点间距的 1/2。

6.6.8 测试记录应符合下列要求:

1 接收的波形应全面完整, 波幅大小应适宜, 不应有削峰现象;

2 应记录测试系统所使用的采集参数, 包括采集间隔、电压范围、电压解析度, 在波形中点的数量以及在振幅谱中的频率间隔;

3 应记录每个测点的位置, 描述测试表面条件等。

6.6.9 测试结果及整理应符合下列要求:

1 应给出时间域的波形图和频率域的振幅谱;

2 应对振幅谱中各峰值进行分析, 给出缺陷振幅峰值所对应的频率值;

3 混凝土结构缺陷深度应按式计算:

$$h_c = \frac{\beta C_p}{2f} \quad (6.6.9)$$

式中  $h_c$ ——混凝土结构缺陷顶部深度, m;

$f$ ——缺陷振幅峰值所对应的频率值, Hz;

$C_p$ ——混凝土 P 波波速, m/s;



$\beta$ ——结构截面的几何形状系数,可取 0.96。

4 应根据测试结果所确定的缺陷位置绘制缺陷平面图。

## 6.7 雷达法检测混凝土内部缺陷

6.7.1 本方法适用于混凝土结构构件内部孔洞、疏松区、脱空区等缺陷的平面位置和埋深检测。

6.7.2 主要检测仪器和设备包括雷达主机、雷达天线、数据采集分析处理系统等。

6.7.3 雷达系统技术要求应符合《水利水电工程物探规程》SL 326 的有关规定。

6.7.4 雷达天线的选择可采用不同频率或不同频率组合,并应符合下列要求:

1 应具有屏蔽功能,探测的最大深度应大于缺陷体埋深,垂直分辨率宜优于 2cm;

2 应根据检测的缺陷深度和现场具体条件,选择相应频率天线,在满足检测深度要求下,宜使用中心频率较高的天线;

3 根据中心频率估算出的检测深度小于缺陷体埋深时,应适当降低中心频率以获得适宜的探测深度。

6.7.5 检测前应对混凝土的相对介电常数或电磁波波速做现场标定,标定方向应符合下列要求:

1 采用在材料和工作环境相同的混凝土结构或钻取的芯样上进行测试;

2 测试的目标已知厚度或长度不应小于 15cm;

3 记录中的雷达影像图界面反射信号应清楚、准确;

4 测值应不少于 3 个,单值与平均值的相对误差应小于 5%,其计算结果的平均值作为标定值;

5 相对介电常数应按下式计算:

$$\epsilon_r = \left(\frac{ct}{2h}\right)^2 \quad (6.7.5-1)$$

电磁波波速应按下式计算：

$$v = \frac{2h}{t} \quad (6.7.5-2)$$

式中  $\epsilon_r$  ——混凝土相对介电常数；

$v$  ——混凝土介质中的电磁波速，m/s；

$C$  ——真空中的电磁波速度， $3 \times 10^8$  m/s；

$t$  ——电磁波从顶面到达底面再返回双程走时时间，s；

$h$  ——已知的混凝土结构厚度，m。

#### 6.7.6 测线和测点的布置应符合下列要求：

1 对于较大尺寸的混凝土结构，宜采用与结构物长度方向一致的平行测线布置，间距宜为 100cm~500cm；

2 较小尺寸的宜采用网格布置，网格间距宜为 10cm~100cm；

3 进行点测时，测点间距宜为 10cm~50cm，并应满足下式的要求：

$$\Delta X \leq \frac{c}{4f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (6.7.6)$$

式中  $\Delta X$  ——相邻测点间距，m；

$c$  ——真空中的电磁波速度， $3 \times 10^8$  m/s；

$f_r$  ——天线中心频率，Hz；

$\epsilon_r$  ——混凝土相对介电常数。

#### 6.7.7 混凝土缺陷检测应符合下列要求：

1 应检查主机、雷达天线，使之处于正常状态；

2 应根据电缆、天线连接的测量方式，在主机上选择相应的测量模式；

3 设置仪器参数，并应符合以下公式的要求：

1) 时窗长度估算：

$$\omega = \alpha \frac{2h_{\max}}{v} \quad (6.7.7-1)$$

式中  $\omega$  ——时窗长度，s；

$h_{\max}$ ——拟检测目标体的最大深度, m;

$a$ ——调整系数, 混凝土介质电磁波速度与目标深度变化所留下的残余值, 可取 1.3~2.0。

2) 每道雷达波形最小采样点数:

$$S_p \geq 10\omega f \quad (6.7.7-2)$$

式中  $S_p$ ——雷达波形最小采集点数;

$\omega$ ——时窗长度, s;

$f$ ——天线中心频率,  $H_z$ 。

3) 时间采样率:

$$\Delta t \leq \frac{1}{6 \times 10^6 f} \quad (6.7.7-3)$$

式中  $\Delta t$ ——时间采样率, s;

$f$ ——天线中心频率,  $MHz$ 。

4 应标出被测结构表面反射波起始零点, 雷达天线应与混凝土表面贴壁良好, 并沿测线匀速、平稳滑行。天线移动速度宜符合以下公式的要求:

$$V_x \leq \frac{S_c d_{\min}}{20} \quad (6.7.7-4)$$

式中  $V_x$ ——天线移动速度, m/s;

$S_c$ ——天线扫描速率,  $H_z$ ;

$d_{\min}$ ——检测目标体最小尺度, m。

5 宜采用连续测量方式, 特殊地段或条件不允许时可采用点测方式;

6 当需要分段测量时, 相邻测量段接头重复长度不应小于 1m。

#### 6.7.8 记录应满足下列要求:

1 记录应包括记录测线号、方向、标记间隔及天线中心频率等;

2 应随时记录可能对测量产生电磁影响的物体及其位置;

3 数据记录应完整, 信号应清晰, 里程标记应准确;

- 4 应准确标记测量位置。
- 6.7.9 检测数据处理应符合下列规定：
- 1 原始数据处理前应回放检验；
  - 2 标记位置应准确无误；
  - 3 单个雷达图谱应做下列特征分析：
    - 1) 确定反射波组的界面特征。
    - 2) 识别地表干扰反射波组。
    - 3) 识别正常介质界面反射波组。
    - 4) 确定反射层信息。
- 6.7.10 雷达图像数据的解释应在掌握测区内物性参数和混凝土结构的基础上,按由已知到未知,定性指导定量的原则进行。
- 6.7.11 混凝土结构缺陷深埋应按下式确定：

$$h = \frac{1}{2}vt \quad (6.7.11)$$

式中  $h$ ——混凝土结构缺陷深埋, m;  
 $t$ ——电磁波自混凝土表面至目标体双程历时, s;  
 $v$ ——混凝土介质中的电磁波波速, m/s。

- 6.7.12 混凝土缺陷初步判定特征如下：
- 1 密实。信号幅度较弱,甚至没有界面反射信号；
  - 2 不密实。混凝土界面的强反射信号同向轴呈绕射弧形,且不连续、较分散；
  - 3 空洞。混凝土界面反射信号强,三振相明显,在其下部仍有强反射界面信号,两组信号时程差较大。

## 7 强度检测

### 7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于结构或构件混凝土实体抗压强度的检测。

7.1.2 混凝土抗压强度检测测区或取样位置应根据所采用的检测方法和委托方的要求而定。

表 7.1.2 各种检测方法的优缺点与适用范围

| 序号 | 检测方法与使用标准                               | 优点     | 缺点                                              | 适用范围                                  |
|----|-----------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1  | 钻芯法<br>《钻芯法检测混凝土强度技术规程》<br>JGJ/T 384    | 准确性高   | 1、对混凝土构件的主要钢筋间距有要求,必须大于 70mm;<br>2、对芯样的制作有严格规定。 | 取样部位应在混凝土构件应力最小的部位,适用于尺寸满足取芯条件的混凝土构件。 |
| 2  | 回弹法<br>《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》<br>JGJ/T 23   | 简便、适用广 | 准确性较差。                                          | 表面平整混凝土构件均适用。                         |
| 3  | 回弹—取芯法《混凝土结构工程施工质量验收规范》<br>GB 50204     | 较准确    | 对主要钢筋间距较密的混凝土构件无法取芯。                            | 适用于尺寸满足取芯条件的混凝土构件。                    |
| 4  | 超声—回弹综合法<br>《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》CECS 02 | 准确性一般  | 混凝土构件必须有两个相互平行的检测面,而且各部位的配筋情况基本一致。              | 适用于有两个相互平行的检测面混凝土构件。                  |

续表 7.1.2

| 序号 | 检测方法与<br>使用标准                            | 优点                | 缺点                                              | 适用范围               |
|----|------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 5  | 后装拔出法<br>《拔出法检测混凝土<br>强度技术规程》<br>CECS 69 | 简便、<br>快捷、<br>适用广 | 该检测值为推定值,跟<br>混凝土的粗骨料品种密<br>切相关,不同情况应作<br>相应换算。 | 适用于几乎所有的混<br>凝土构件。 |

7.2 抽样方案与抽样方法

7.2.1 混凝土结构现场检测可采用全数检测或抽样检测的方式。

7.2.2 遇到下列情况时应采用全数检测方式：

- 1 在结构中查找存在表面缺陷或损伤的构件；
- 2 受检范围较小或构件数量较少；
- 3 检验指标或参数变异性大或构件状况差异较大；
- 4 灾害发生后对结构受损情况的识别；
- 5 需减少结构的处理费用或处理范围；
- 6 委托方要求进行全数检测。

7.2.3 对于批量现场检测项目可采取计数抽样、计量抽样或计量与计数混合抽样方案。

7.2.4 混凝土结构现场检测的计数抽样方案，检测批的最小样本容量可按表 7.2.4 确定。

表 7.2.4 混凝土结构计数抽样检测的最小样本容量

| 检测批<br>的容量 | 检测类别和样本最小容量 |    |    | 检测批<br>的容量    | 检测类别和样本最小容量 |       |       |
|------------|-------------|----|----|---------------|-------------|-------|-------|
|            | A           | B  | C  |               | A           | B     | C     |
| 2—8        | 2           | 2  | 3  | 501—1200      | 32          | 80    | 125   |
| 9—15       | 2           | 3  | 5  | 1201—3200     | 50          | 125   | 200   |
| 16—25      | 3           | 5  | 8  | 3201—10000    | 80          | 200   | 315   |
| 26—50      | 5           | 8  | 13 | 10001—35000   | 125         | 315   | 500   |
| 51—90      | 5           | 13 | 20 | 35001—150000  | 200         | 500   | 800   |
| 91—150     | 8           | 20 | 32 | 150001—500000 | 315         | 800   | 1250  |
| 151—280    | 13          | 32 | 50 | >500000       | 500         | 1250  | 2000  |
| 281—500    | 20          | 50 | 80 | — — — — —     | — — —       | — — — | — — — |

注：检测类别 A 适用于一般施工质量 的检测，检测类别 B 适用于结构质量或性能 的检测，检测类别 C 适用于结构质量或性能 的严格检测或复检。

7.2.5 工程质量检测时，计数抽样检测批或全数检测的合格判定，应符合下列规定：

- 1 检测对象为主控项目时按表 7.2.5—1 判定；
- 2 检测对象为一般项目时按表 7.2.5—2 判定。

表 7.2.5—1 主控项目的判定

| 样本<br>容量 | 合格<br>判定数 | 不合格<br>判定数 | 样本<br>容量                 | 合格<br>判定数           | 不合格<br>判定数          |
|----------|-----------|------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| 2—5      | 0         | 1          | 80<br>125<br>200<br>>315 | 7<br>10<br>14<br>21 | 8<br>11<br>15<br>22 |
| 8—13     | 1         | 2          |                          |                     |                     |
| 20       | 2         | 3          |                          |                     |                     |
| 32       | 3         | 4          |                          |                     |                     |
| 50       | 5         | 6          |                          |                     |                     |

表 7.2.5—2 一般项目的判定

| 样本容量 | 合格判定数 | 不合格判定数 | 样本容量 | 合格判定数 | 不合格判定数 |
|------|-------|--------|------|-------|--------|
| 2—5  | 1     | 2      | 32   | 7     | 8      |
| 8    | 2     | 3      | 50   | 10    | 11     |
| 13   | 3     | 4      | 80   | 14    | 15     |
| 20   | 5     | 6      | ≥125 | 21    | 22     |

7.2.6 对批量构件材料性能的特征值或均值做出推定时,可采用计量抽样的方案并提供被推定值的推定区间,计量抽样方案样本容量  $n$  与推定区间限值系数可按表 7.2.6 确定。

表 7.2.6 计量抽样标准差未知时推定区间上限值与下限值系数

| 样本容量<br>$n$ | 标准差未知时推定区间上限值与下限值系数 |          |             |             |            |            |
|-------------|---------------------|----------|-------------|-------------|------------|------------|
|             | 0.5 分位值             |          | 0.95 分位值    |             |            |            |
|             | $k(0.05)$           | $k(0.1)$ | $k_1(0.05)$ | $k_2(0.05)$ | $k_1(0.1)$ | $k_2(0.1)$ |
| 5           | 0.95339             | 0.68567  | 0.81778     | 4.20268     | 0.98218    | 3.39983    |
| 6           | 0.82264             | 0.60253  | 0.87477     | 3.70768     | 1.02822    | 3.09188    |
| 7           | 0.73445             | 0.54418  | 0.92037     | 3.39947     | 1.06516    | 2.89380    |
| 8           | 0.66983             | 0.50025  | 0.95803     | 3.18729     | 1.09570    | 2.75428    |
| 9           | 0.61985             | 0.46561  | 0.98987     | 3.03124     | 1.12153    | 2.64990    |
| 10          | 0.57968             | 0.43735  | 1.01730     | 2.91096     | 1.14378    | 2.56837    |
| 11          | 0.54648             | 0.41373  | 1.04127     | 2.81499     | 1.16322    | 2.50262    |
| 12          | 0.51843             | 0.39359  | 1.06247     | 2.73634     | 1.18041    | 2.44825    |
| 13          | 0.49432             | 0.37615  | 1.08141     | 2.67050     | 1.19576    | 2.40240    |
| 14          | 0.47330             | 0.36085  | 1.09848     | 2.61443     | 1.20958    | 2.36311    |
| 15          | 0.45477             | 0.34729  | 1.11397     | 2.56600     | 1.22213    | 2.32898    |
| 16          | 0.43826             | 0.33515  | 1.12812     | 2.52366     | 1.23358    | 2.29900    |
| 17          | 0.42344             | 0.32421  | 1.14112     | 2.48626     | 1.24409    | 2.27240    |
| 18          | 0.41003             | 0.31428  | 1.15311     | 2.45295     | 1.25379    | 2.24862    |
| 19          | 0.39782             | 0.30521  | 1.16423     | 2.42304     | 1.26277    | 2.22720    |
| 20          | 0.38665             | 0.29689  | 1.17458     | 2.39600     | 1.27113    | 2.20778    |



续表 7.2.6

| 样本<br>容量<br><br>$n$ | 标准差未知时推定区间上限值与下限值系数 |          |             |             |            |            |
|---------------------|---------------------|----------|-------------|-------------|------------|------------|
|                     | 0.5 分位值             |          | 0.05 分位值    |             |            |            |
|                     | $k(0.05)$           | $k(0.1)$ | $k_1(0.05)$ | $k_2(0.05)$ | $k_1(0.1)$ | $k_2(0.1)$ |
| 21                  | 0.37636             | 0.28921  | 1.18425     | 2.37142     | 1.27823    | 2.19007    |
| 22                  | 0.36686             | 0.28210  | 1.19330     | 2.34896     | 1.28624    | 2.17385    |
| 23                  | 0.35805             | 0.27550  | 1.20181     | 2.32832     | 1.29310    | 2.15891    |
| 24                  | 0.34984             | 0.26933  | 1.20982     | 2.30929     | 1.29956    | 2.14510    |
| 25                  | 0.34218             | 0.26357  | 1.21739     | 2.29167     | 1.30566    | 2.13229    |
| 26                  | 0.33499             | 0.25816  | 1.22455     | 2.27530     | 1.31143    | 2.12037    |
| 27                  | 0.32825             | 0.25307  | 1.23135     | 2.26005     | 1.31690    | 2.10924    |
| 28                  | 0.32189             | 0.24827  | 1.23780     | 2.24578     | 1.32209    | 2.09881    |
| 29                  | 0.31589             | 0.24373  | 1.24395     | 2.23241     | 1.32704    | 2.08903    |
| 30                  | 0.31022             | 0.23943  | 1.24981     | 2.21984     | 1.33175    | 2.07982    |
| 31                  | 0.30484             | 0.23536  | 1.25540     | 2.20800     | 1.33625    | 2.07113    |
| 32                  | 0.29973             | 0.23148  | 1.26075     | 2.19682     | 1.34055    | 2.06292    |
| 33                  | 0.29487             | 0.22779  | 1.26588     | 2.18625     | 1.34467    | 2.05514    |
| 34                  | 0.29024             | 0.22428  | 1.27079     | 2.17623     | 1.34862    | 2.04776    |
| 35                  | 0.28582             | 0.22092  | 1.27551     | 2.16672     | 1.35241    | 2.04075    |
| 36                  | 0.28160             | 0.21770  | 1.28004     | 2.15768     | 1.35605    | 2.03407    |
| 37                  | 0.27755             | 0.21463  | 1.28441     | 2.14906     | 1.35955    | 2.02771    |
| 38                  | 0.27368             | 0.21168  | 1.28861     | 2.14085     | 1.36292    | 2.02164    |
| 39                  | 0.26997             | 0.20884  | 1.29266     | 2.13300     | 1.36617    | 2.01583    |
| 40                  | 0.26640             | 0.20612  | 1.29657     | 2.12549     | 1.36931    | 2.01027    |
| 41                  | 0.26297             | 0.20351  | 1.30035     | 2.11831     | 1.37233    | 2.00494    |
| 42                  | 0.25967             | 0.20099  | 1.30399     | 2.11142     | 1.37526    | 1.99983    |
| 43                  | 0.25650             | 0.19856  | 1.30752     | 2.10481     | 1.37809    | 1.99493    |
| 44                  | 0.25343             | 0.19622  | 1.31094     | 2.09846     | 1.38083    | 1.99021    |
| 45                  | 0.25047             | 0.19396  | 1.31425     | 2.09235     | 1.38348    | 1.98567    |
| 46                  | 0.24762             | 0.19177  | 1.31746     | 2.08648     | 1.38605    | 1.98130    |
| 47                  | 0.24486             | 0.18966  | 1.32058     | 2.08081     | 1.38854    | 1.97708    |
| 48                  | 0.24219             | 0.18761  | 1.32360     | 2.07535     | 1.39096    | 1.97302    |
| 49                  | 0.23960             | 0.18563  | 1.32653     | 2.07008     | 1.39331    | 1.96909    |
| 50                  | 0.23710             | 0.18372  | 1.32939     | 2.06499     | 1.39559    | 1.96529    |

续表 7.2.6

| 样本<br>容量<br>$n$ | 标准差未知时推定区间上限值与下限值系数 |          |             |             |            |            |
|-----------------|---------------------|----------|-------------|-------------|------------|------------|
|                 | 0.5 分位值             |          | 0.05 分位值    |             |            |            |
|                 | $k(0.05)$           | $k(0.1)$ | $k_1(0.05)$ | $k_2(0.05)$ | $k_1(0.1)$ | $k_2(0.1)$ |
| 60              | 0.21574             | 0.16732  | 1.35412     | 2.02216     | 1.41536    | 1.93327    |
| 70              | 0.19927             | 0.15466  | 1.37364     | 1.98987     | 1.48095    | 1.90903    |
| 80              | 0.18608             | 0.14449  | 1.38959     | 1.96444     | 1.44366    | 1.88988    |
| 90              | 0.17521             | 0.13610  | 1.40294     | 1.94376     | 1.45429    | 1.87428    |
| 100             | 0.16604             | 0.12902  | 1.41433     | 1.92664     | 1.46335    | 1.86125    |
| 110             | 0.15818             | 0.12294  | 1.42421     | 1.91191     | 1.47121    | 1.85017    |
| 120             | 0.15133             | 0.11764  | 1.43289     | 1.89929     | 1.47810    | 1.84059    |

**7.2.7** 计量抽样检测项目推定区间的置信度宜为 0.90,并使错判概率和漏判概率均为 0.05。特殊情况下,推定区间的置信度可为 0.85,使漏判概率为 0.10,错判概率仍为 0.05。推定区间可按下列方法计算:

**1** 检测批的标准差未知时,总体均值的推定区间应按式 7.2.7-1、7.2.7-2 确定:

$$\mu_1 = m + ks \quad (7.2.7-1)$$

$$\mu_2 = m - ks \quad (7.2.7-2)$$

式中  $\mu_1$  —均值(0.5 分位值) $\mu$  推定区间的上限值;

$\mu_2$  —均值(0.5 分位值) $\mu$  推定区间的下限值;

$m$  —样本的算术平均值;

$s$  —样本标准差。

$k$  —推定区间限值系数,取表 7.2.6 的 0.5 分位值栏中与相应样本容量对应的数值。

**2** 检测批的标准差为未知时,计量抽样检测批具有 95%保证率的特征值(0.05 分位值)  $x_k$  的推定区间上限值和下限值可按式 7.2.7-3、7.2.7-4 计算。

$$x_{k1} = m - k_1 s \quad (7.2.7-3)$$

$$x_{k2} = m - k_2 s \quad (7.2.7-4)$$

式中  $x_{k1}$  — 特征值(0.05 分位值)推定区间的上限值;

$x_{k2}$  — 特征值(0.05 分位值)推定区间的下限值;

$m$  — 样本的算术平均值;

$s$  — 样本标准差;

$k_1$  和  $k_2$  — 推定区间上限值与下限值系数,取表 7.2.6 的 0.05 分位值栏中对应样本容量的数值。

**7.2.8** 计量抽样检测结果推定区间上限值与下限值之差值应予以限制,不宜大于材料相邻强度等级的差值和推定区间上限值与下限值算术平均值的 10%两者中的较大值。

**7.2.9** 混凝土结构的批量检测应采取随机抽样的方法,遇有下列情况时可采用约定抽样的方法:

- 1 委托方限定了抽样范围;
- 2 避免检测过程中出现安全事故或结构的破坏,选择易于实施检测的部位或构件;
- 3 在有把握的前提下,选择同类构件中荷载效应相对较大和施工质量相对较差构件进行结构性能的实荷检验;
- 4 结构功能性检测且现场条件受到限制。

### 7.3 钻芯法检测混凝土抗压强度

**7.3.1** 钻芯法适用于针对同一结构中相同检验批在相近龄期内,采用不同检测方法检测混凝土抗压强度检测结果的可接受性验证。

**7.3.2** 进行该项检测应取得相关各方的认可。

**7.3.3** 芯样应在检验批内随机选取,每个构件钻取 1 个芯样,组成芯样样本。

**7.3.4** 芯样宜在每个构件不同高度范围钻取,芯样规格应保持一致。

**7.3.5** 芯样数量  $n$  可按式 7.3.5 计算,且不应少于 6 个:

$$n = \left( \frac{\beta v}{e} \right)^2 \quad (7.3.5)$$

式中:  $n$  —剔除检出的异常值以后的芯样数量;

$\beta$  —系数,取 1.96,对应的最大允许误差的保证率为 95%;  
当芯样强度变异系数大导致需要的芯样数量大时,可取 1.64,对应的最大允许误差的保证率为 90%。

$v$  —检验批混凝土抗压强度变异系数,按 7.3.6-1 计算。

$e$  —允许相对误差,取 10%。

**7.3.6** 检验批混凝土抗压强度变异系数  $v$  可按式 7.3.6-1 进行计算,且不宜小于表 7.3.6 中的值:

$$v = \frac{S}{\mu} \quad (7.3.6-1)$$

式中:  $S$  —检验批混凝土抗压强度标准差的估计值,可按式 7.3.6-2 进行计算;

$$s = \left[ \sum_{j=1}^k (n_j - 1) s_j^2 / \sum_{j=1}^k (n_j - 1) \right]^{1/2} \quad (7.3.6-2)$$

式中:  $n_j$  —第  $j$  次检测的样本数量;

$s_j$  —第  $j$  次检测的样本标准差;

$\mu$  —检验批混凝土抗压强度均值的估计值,可按式 7.3.6-3 进行计算;

$$\mu = \sum_{j=1}^k n_j \mu_j / \sum_{j=1}^k n_j \quad (7.3.6-3)$$

$\mu_j$  —第  $j$  次检测的样本均值。

注:当未提供样本数量、标准差等信息时,可随机钻取 6 个芯样,根据芯样样本混凝土抗压强度变异系数  $v$  确定应钻取的芯样数量。

表 7.3.6 混凝土生产质量水平一般时不同强度等级混凝土的变异系数

| $f_{cu,k}$ | $\delta_f$ | $f_{cu,k}$ | $\delta_f$ | $f_{cu,k}$ | $\delta_f$ |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| C20        | 0.18       | C35        | 0.13       | C50        | 0.11       |
| C25        | 0.16       | C40        | 0.12       | C55        | 0.11       |
| C30        | 0.14       | C45        | 0.12       | C60        | 0.10       |

7.3.7 芯样试件抗压强度值可按式 7.3.7 计算：

$$f_{cu,cor} = \beta_c F_c / A \quad (7.3.7)$$

式中： $f_{cu,cor}$  —— 芯样试件混凝土抗压强度值(MPa)，精确至 0.1MPa；

$F_c$  —— 芯样试件抗压试验的破坏荷载(N)；

$A$  —— 芯样试件抗压截面面积(mm<sup>2</sup>)；

$\beta_c$  —— 芯样试件强度换算系数，取 1.0。

7.3.8 按钻芯法确定单个构件混凝土抗压强度推定值时，芯样试件抗压强度值不进行数据舍弃，按芯样试件混凝土抗压强度值中的最小值确定。

7.3.9 按检验批对混凝土强度进行检测时，直径 100mm 芯样试件的数量不宜小于 15 个，小直径芯样试件的数量不宜小于 20 个。检验批混凝土强度推定值应按《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384 规定的方法确定。

## 7.4 回弹法检测混凝土抗压强度

7.4.1 回弹法所采用的中型回弹仪应符合现行国家标准《回弹仪》GB/T 9138 的有关规定，并应符合下列要求：

1 水平弹击时，在弹击锤脱钩的瞬间，回弹仪弹击锤的冲击能量应为 2.207J；

2 弹击锤与弹击杆碰撞的瞬间，弹击弹簧应处于自由状态；

3 在洛氏硬度 HRC 为 60±2 的钢砧上，回弹仪的率定值为

80±2。

#### 7.4.2 回弹法测区应符合下列规定：

1 当需要进行单个构件推定时，每个构件布置的测区数不宜少于 10 个；当不需要进行单个构件推定时，每个构件布置的测区数可适当减少，但不应少于 3 个；

2 测区离构件端部或施工缝边缘的距离不宜小于 0.2m；

3 测区应选在使回弹仪处于水平方向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方向检测混凝土浇筑侧面、表面或底面；

4 测区宜选在构件的两个对称可测面上，也可选在一个测面上，且应均匀分布。在构件的重要部位和薄弱部位应布置测区；

5 测区面积不宜大于 0.04m<sup>2</sup>；

6 检测面应为混凝土面，并应清洁、平整，不应有疏松、浮浆及蜂窝、麻面；

7 测区应有清晰的编号。

#### 7.4.3 测区回弹值测量应符合下列规定：

1 检测时，回弹仪的轴线应始终垂直于检测面，缓慢施压，准确读数，快速复位；

2 测点应在测区范围内均匀分布，相邻两点的净距不宜小于 20mm；测点距外露钢筋、预埋件的距离小于 30mm；弹击时应避开气孔和外露石子，同一测点只应弹击一次，读数估读至 1；每个测区应记取 16 个回弹值；

3 同一测区 16 个回弹值中的 3 个最大值和 3 个最小值应直接剔除，计算余下的 10 个回弹值的平均值；

4 应根据现行行业标准《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23 的有关规定对回弹平均值进行修正，以修正后的平均值作为该测区回弹值代表值。

#### 7.4.4 测区混凝土抗压强度换算值应根据现行行业标准《回弹

法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23 的有关规定进行计算。

#### 7.4.5 单个构件混凝土抗压强度推定应符合下列规定：

1 当构件测区数量不少于 10 个时，该构件混凝土抗压强度推定值可按下列公式计算：

$$f_{cu,e} = mf_{cu}^c - 1.645sf_{cu}^c \quad (7.4.5-1)$$

式中  $f_{cu,e}$  — 构件混凝土抗压强度推定值，精确至 0.1MPa；

$mf_{cu}^c$  — 测区换算强度平均值，精确至 0.1MPa；

$sf_{cu}^c$  — 测区换算强度标准差，精确至 0.01MPa；

1.645 — 保证率不低于 95% 的推定系数。

2 当构件测区数量少于 10 个时，该构件混凝土抗压强度推定值可按下列公式计算：

$$f_{cu,e} = f_{cu,min}^c \quad (7.4.5-2)$$

式中  $f_{cu,min}^c$  — 测区换算强度最小值，精确至 0.1MPa。

#### 7.4.6 批量检验时，混凝土抗压强度推定应符合下列规定：

$$f_{cu,e} = mf_{cu}^c - 1.645sf_{cu}^c \quad (7.4.6)$$

式中  $f_{cu,e}$  — 检验批混凝土抗压强度推定值，精确至 0.1MPa；

$mf_{cu}^c$  — 检验批所有测区换算强度平均值，精确至 0.1MPa；

$sf_{cu}^c$  — 检验批所有测区换算强度标准差，精确至 0.01MPa；

1.645 — 保证率不低于 95% 的推定系数。

### 7.5 回弹-取芯法检测混凝土抗压强度

7.5.1 采用回弹-取芯法进行结构实体混凝土强度检验时，先确定回弹检测试件，并根据回弹结果选择取芯构件。

1 选取回弹检测构件时，先确定同一混凝土强度等级的柱、梁、墙、楼板的总数量（每间楼板按 1 个构件计），再根据总数量按

构件总数量抽取 20% 进行检测,最小抽样数量不少于 20 个,总数量构件少于 20 个的应全数检测;

2 不宜抽取截面高度小于 300mm 的梁和边长小于 300mm 的柱;

3 对于尺寸较小的构件,钻芯难度较大,且对构件有一定的损伤,一般不取芯检验。

**7.5.2** 每个构件应选取不少于 5 个测区进行回弹检测,回弹测区的布置,应综合考虑后续取芯对结构安全及取芯操作的影响,避开不宜或无法钻取芯样的部位。对非水平方向检测的回弹值、混凝土浇筑表面或底面的回弹值应按《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23 进行修正。

**7.5.3** 对同一强度等级的混凝土,应将每个构件 5 个测区中的最小测区平均回弹值进行排序,并在其中最小 3 个测区各钻取 1 个芯样。芯样应采用带水冷却装置的薄壁空心钻钻取,芯样直径宜为 100mm。当测区位于钢筋较密的部位时,可钻取直径为 70mm 的芯样,且不宜小于混凝土骨料最大粒径的 3 倍。

**7.5.4** 抗压芯样试件的端面处理,可采取在磨平机上磨平端面的处理方法,也可采用硫黄胶泥或环氧胶泥补平,补平层厚度不宜大于 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,不宜采用硫黄胶泥或环氧胶泥补平的处理方法。加工后芯样试件的尺寸偏差与外观质量应符合下列规定:

1 芯样试件的高度与直径之比实测值不应小于 0.95,也不应大于 1.05;

2 沿芯样高度的任一直径与其平均值差不应大于 2mm;

3 芯样试件端面的不平整度在 100mm 长度内不应大于 0.1mm;

4 芯样试件端面与轴线的不垂直度不应大于  $1^{\circ}$ ;

5 芯样不应有裂缝、缺陷及钢筋等杂物。



**7.5.5** 芯样试件尺寸的测量应符合下列规定：

1 应采用游标卡尺在芯样试件中部互相垂直的两个位置共测量直径 6 次，取其算术平均值作为芯样试件的直径，精确至 0.5mm；

2 应采用钢板尺测量芯样试件高度，精确至 1mm；

3 垂直度应采用游标量角器测量芯样试件两个端线与轴线的夹角，精确至  $0.1^{\circ}$ ；

4 平整度应采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；也可采用其他专用设备测量。

**7.5.6** 芯样试件应按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 中圆柱体试件的规定进行抗压强度试验。

**7.5.7** 对同一强度等级的混凝土，当符合下列规定时，结构实体混凝土强度可判为合格：

1 三个芯样的抗压强度算术平均值不小于设计要求的混凝土强度等级值的 88%。

2 三个芯样抗压强度的最小值不小于设计要求的混凝土强度等级值的 80%。

## **7.6 超声/回弹综合法检测混凝土抗压强度**

**7.6.1** 超声-回弹综合法所采用的回弹仪应符合本标准 7.4.1 条的要求。

**7.6.2** 超声-回弹综合法所采用的超声仪应符合现行行业标准《混凝土超声波检测仪》JG/T 5004 的有关规定；换能器的工作频率宜在 50kHz~100kHz 范围内，其实测主频与标称主频相差不应超过  $\pm 10\%$ 。

**7.6.3** 超声-回弹综合法测区除应符合本标准 7.4.2 条的要求外，尚应符合下列规定：

1 测区应选在构件的两个对称可测面上,并宜避开钢筋密集区;

2 同一个构件上的超声测距宜基本一致;

3 超声测线距与其平行的钢筋距离不宜小于 30mm。

7.6.4 测区回弹值测量应符合本标准 7.4.3 条的要求。

7.6.5 测区声速测量应符合下列规定:

1 超声测点应布置在回弹测试的对称区内,每一个测区布置 3 个测点;

2 超声测试时,换能器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  $0.1\mu\text{s}$ ,测距测量应精确至 1mm,声速计算精确至  $0.01\text{km/s}$ ;

4 以同一测区 3 个测点声速的平均值作为该测区声速的代表值。

7.6.6 测区混凝土抗压强度换算值计算应符合下列规定:

1 当不进行芯样修正时,测区混凝土抗压强度宜采用专用测强曲线或地区测强曲线换算;

2 当进行芯样修正时,测区混凝土抗压强度可按下列公式进行计算:

当粗骨料为卵石时:

$$f_{cu,i}^c = 0.0056\nu_{ai}^{1.439} R_{ai}^{1.769} + \Delta_{cu,z} \quad (7.6.6-1)$$

当粗骨料为碎石时:

$$f_{cu,i}^c = 0.0162\nu_{ai}^{1.656} R_{ai}^{1.410} + \Delta_{cu,z} \quad (7.6.6-2)$$

式中  $f_{cu,i}^c$  —— 测区混凝土抗压强度换算值,精确至 0.1MPa;

$\nu_{ai}$  —— 测区声速代表值,精确至 0.01 km/s;

$R_{ai}$  —— 测区回弹代表值,精确至 0.1;

$\Delta_{cu,z}$  —— 修正量,按《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 附录 C 计算,当无修正时, $\Delta_{cu,z}$  等于 0。

7.6.7 单个构件混凝土抗压强度推定值应符合本标准 7.4.5 条

的要求。

## 7.7 后装拔出法检测混凝土抗压强度

### 7.7.1 后装拔出法所采用的抗拔仪应满足下列要求：

- 1 额定拔出力应大于测试范围内的最大拔出力；
- 2 工作行程对于圆环式拔出试验装置不应小于 4mm,对于三点式拔出试验装置不应小于 6mm；
- 3 测力装置应具有峰值保持功能；
- 4 允许示值偏差应为 $\pm 2\%$ 。

### 7.7.2 后装拔出法测区除应符合本标准 7.4.2 条的要求外,尚应符合下列规定：

- 1 每个构件布置 3 个测区,当需要进行单个构件推定且出现最大拔出力或最小拔出力与中间值之差大于中间值 15%时,应在最小拔出力测区附近加测 2 个测区；
- 2 测区宜布置在混凝土浇筑侧面;当不能满足时,可布置在混凝土浇筑表面或底面；
- 3 在构件的重要部位和薄弱部位应布置测区；
- 4 测区离构件端部或施工缝边缘的距离不宜小于 4 倍锚固深度,相邻测区距离不宜小于 10 倍锚固深度。

### 7.7.3 拔出试验应符合下列规定：

- 1 在钻孔过程中,钻头应始终与混凝土表面保持垂直,垂直度偏差不应大于 $3^\circ$ 。钻孔直径不应小于仪器规定值 0.1mm,且不应大于 1.0mm,钻孔深度应比锚固深度深 20 mm~30 mm,锚固深度允许偏差为 $\pm 0.8$  mm；
- 2 在混凝土孔壁磨环形槽时,磨槽机的定位圆盘应始终紧靠混凝土表面回转,磨出的环形槽应规整,环形槽深度应为 3.6mm~4.5 mm；
- 3 应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；

4 拔出仪应与锚固拉杆对中连接，并与混凝土检测面垂直；

5 连续均匀施加拔出力，加荷速度应控制在  $0.5\text{kN/s} \sim 1.0\text{kN/s}$ ；

6 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，精确至  $0.1\text{kN}$ 。

**7.7.4 测区混凝土抗压强度换算值计算应符合下列规定：**

1 当不进行芯样修正时，测区混凝土抗压强度宜采用专用测强曲线或地区测强曲线换算；

2 当进行芯样修正时，测区混凝土抗压强度可按下列公式进行计算：

$$f_{cu,i}^c = 1.5F_i - 5.8 + \Delta_{cu,z} \quad (7.7.4)$$

式中  $f_{cu,i}^c$  ——测区混凝土抗压强度换算值，精确至  $0.1\text{MPa}$ ；

$F_i$  ——极限拔出力，精确至  $0.1\text{kN}$ ；

$\Delta_{cu,z}$  ——修正量，按《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 附录 C 计算，当无修正时， $\Delta_{cu,z}$  等于 0。

**7.7.5 单个构件混凝土抗压强度推定值应符合下列规定：**

1 当最大拔出力 and 最小拔出力与中间值之差小于中间值 15% 时，应以测区换算强度最小值作为该构件混凝土抗压强度推定值；

2 当最大拔出力或最小拔出力与中间值之差大于中间值 15% 时，应计算换算强度最小值和其附近加测 2 个测区换算强度平均值，以该平均值与前一次的中间值的较小值作为该构件混凝土抗压强度推定值。

## 8 火灾损伤检测

**8.0.1** 对火灾损伤混凝土结构构件进行全面检测前,应检查可能出现的结构坍塌、构件或配件脱落等安全隐患,并应对检测现场可能存在的有毒、有害物质等进行调查。

**8.0.2** 混凝土结构构件的火灾损伤检测,应通过全面外观检查将损伤构件识别为下列 5 种状况:

- 1 未受火灾影响;
- 2 表面或表层性能劣化;
- 3 构件损伤;
- 4 构件破坏;
- 5 局部坍塌。

**8.0.3** 未受火灾影响区域识别特征应为装饰层完好或出现被熏黑现象。对该区域可进行部分构件混凝土强度、构件尺寸和构件钢筋配置情况抽查。

**8.0.4** 表层受到影响区域识别特征应为装饰层脱落、构件混凝土被熏黑或混凝土表面颜色改变,但混凝土未出现爆裂或保护层脱落现象。

**8.0.5** 对表层性能劣化区域的检测,除按本标准 8.0.4 条进行检测外,宜进行下列专项检测:

- 1 受影响层厚度,按本标准 10.2 节方法测定混凝土碳化深度,即为受影响层厚度;
- 2 可能存在的空鼓区域,可通过简单敲击判定;
- 3 受影响层的混凝土力学强度。

**8.0.6** 构件混凝土损伤区域的识别特征为:混凝土出现龟裂、剥落、钢筋外露等,但构件没有明显的位移与变形。

**8.0.7** 针对构件混凝土损伤区域的检测除进行适量常规检测

外,宜进行下列项目的专项检测:

- 1 逐个记录损伤的位置或面积;
- 2 逐个检测损伤的程度,检测裂缝的宽度或深度,检测混凝土损伤层的厚度;
- 3 检测损伤层混凝土力学性能;
- 4 取样检测钢筋力学性能;
- 5 梁板类构件可能存在的挠度和墙柱类构件可能存在的倾斜。

**8.0.8** 构件破坏识别的特征应为梁板类构件产生明显不可恢复性变形、严重开裂,墙柱类构件产生明显的倾斜和梁柱节点出现位移或破坏。

**8.0.9** 对破坏构件应逐个予以说明并取得现场的影像资料,按第5章规定的方法检测构件的位移或变形。

**8.0.10** 对于已坍塌部分,可进行范围的描述并取得现场情况的影像资料。

**8.0.11** 当委托方需要了解火场温度对难于检测性能的影响时,可采取模拟试验的方法做出判断。

## 9 耐久性检测

### 9.1 一般规定

9.1.1 混凝土结构构件的耐久性包括混凝土碳化、钢筋锈蚀及力学性能损失、抗氯离子渗透、抗硫酸盐侵蚀。

9.1.2 对于具有饰面层的结构构件,应清除抹灰层和装饰层后在混凝土上检测。

9.1.3 现场钻孔、剔凿时不得破坏主筋。

### 9.2 碳化深度检测

9.2.1 混凝土碳化深度可用浓度 1%~2% 的酚酞酒精溶液检测,将酚酞酒精溶液滴在新暴露的混凝土面上,通过检测混凝土变色与非变色交接处的界面深度确定碳化深度。

9.2.2 混凝土碳化深度值检测测区和测孔布置应符合下列规定:

1 应在具有代表性的测区上测量碳化深度值,每个构件测区数不应少于 3 个,测区应均匀布置;

2 每个测区应布置 3 个测孔,三个测孔应呈“品”字排列,孔距根据构件尺寸大小确定,但应大于 2 倍孔径;

3 测孔距构件边缘的距离应大于 2.5 倍保护层厚度;

4 当碳化深度用于损伤程度评定时,应根据表面损伤状况进行分类,每个损伤类别布置不应少于 6 个测区,以每个类别中最大的碳化深度作为该类别混凝土性能受影响层的厚度。

9.2.3 碳化深度检测可按下列步骤操作:

1 在混凝土表面布置测孔,根据预估的碳化深度选择测孔

直径；

2 清除孔洞中的粉末和碎屑，且不得用水擦洗；

3 向孔内喷洒浓度为 1%~2% 的酚酞试剂，喷洒量以表面均匀但不流淌为准；

4 当已碳化与未碳化界限清晰时，应采用碳化深度测量仪测量已碳化与未碳化混凝土交界面到混凝土表面的垂直距离，测量不少于 3 次，每次读数应精确至 0.25mm；

5 碳化深度测量结果平均值作为检查结果，并应精确至 0.5mm。

### 9.3 钢筋锈蚀及力学性能损失检测

9.3.1 混凝土中钢筋锈蚀状况宜采用原位检测、取样检测等直接法进行检测，当采用混凝土电阻率、混凝土中钢筋电位、锈蚀电流等参数间接推定混凝土中钢筋锈蚀情况时，应采用直接法验证。

9.3.2 原位检测法检测混凝土中钢筋直径应符合下列规定：

1 采用钢筋探测仪确定待检钢筋位置，剔除混凝土保护层，露出钢筋；

2 用游标卡尺测量钢筋的剩余直径、蚀坑深度、长度及锈蚀物的厚度，测量精确到 0.1mm；

3 同一部位应重复测量 3 次，将 3 次测量结果的平均值作检测值。根据检测值，推算钢筋的截面损失率。

9.3.3 取样检测法检测钢筋直径应符合下列规定：

1 确定待检测的钢筋位置，沿钢筋走向凿开混凝土保护层，截除钢筋试件长度不小于 300mm；

2 清理钢筋表面的混凝土，用 12% 盐酸溶液进行酸洗，经清水漂净后，用石灰水中和，再以清水冲洗干净；擦干后在干燥器中至少存放 4h，用天平称重；



### 3 钢筋实际直径按下式计算：

$$d = 12.74 \sqrt{w/l} \quad (9.3.3)$$

式中： $d$ ——钢筋实际直径，精确至 0.1mm；

$w$ ——钢筋试件重量，精确至 0.1g；

$l$ ——钢筋试件长度，精确至 1mm。

### 9.3.4 钢筋的截面损失率应按下式计算：

$$l_{s,a} = (d/d_s)^2 \times 100\% \quad (9.3.4)$$

式中： $d$ ——钢筋直径实测值，精确至 0.01mm；

$d_s$ ——钢筋公称直径；

$l_{s,a}$ ——钢筋的截面损失率，精确至 0.1%。

9.3.5 劣化混凝土中钢筋截面损失率大于 5% 时，应对钢筋的力学性能重新进行检测，检测结果作为现阶段混凝土构件力学性能的计算依据。

9.3.6 混凝土中钢筋的力学性能应采用取样法进行检测，截取钢筋试件应符合下列规定：

1 截取钢筋时应采取必要措施，确保受检构件和结构的安全；

2 钢筋截取位置宜选在应力较小的部位；

3 钢筋试件的长度应满足钢筋力学性能试验方法的要求。

9.3.7 钢筋的力学性能按照现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB 1498.1 和《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2 规定的方法进行检测。

## 9.4 抗氯离子渗透性能检测

9.4.1 结构混凝土抗氯离子渗透性能可采用快速氯离子迁移系数法和电通量法检测。

9.4.2 采用快速检测氯离子迁移系数法时，取样与测试应符合下列规定：

1 在受检区域随机布置取样点,每个受检区域取样不应少于 1 组;每组应由不少于 3 个直径 100mm 且长度不小于 120mm 的芯样组成;

2 将无明显缺陷的芯样从中间切成两半,加工成 2 个高度为  $50\text{mm} \pm 2\text{mm}$  的试件,分别标记为内部试件和外部试件;将 3 个外部试件作为一组,对应的 3 个外部试件作为另一组;

3 按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的有关规定分别对两组试件进行试验,试验面为中间切割面;

4 按规定进行数据取舍后,分别确定两组氯离子迁移系数测定值;

5 当两组氯离子迁移系数测定值相差不超过 15% 时,应以两组平均值作为结构混凝土在检测龄期氯离子迁移系数推定值;

6 当两组氯离子迁移系数测定值相差超过 15% 时,应以分别给出两组氯离子迁移系数测定值,作为结构混凝土内部和外部在检测龄期氯离子迁移系数推定值。

#### 9.4.3 采用电通量法时,取样与测试应符合下列规定:

1 在受检区域随机布置取样点,每个受检区域取样不应少于 1 组;每组应由不少于 3 个直径 100mm 且长度不小于 120mm 的芯样组成;

2 应将无明显缺陷且无钢筋、型钢纤维的芯样从中间切成两半,加工成 2 个高度为  $50\text{mm} \pm 2\text{mm}$  的试件,分别标记为内部试件和外部试件;将 3 个外部试件作为一组,对应的 3 个外部试件作为另一组;

3 应按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的有关规定分别对两组试件进行试验,试验面应为中间切割面;

4 按规定进行数据取舍后,应分别确定两组电通量测定值;

5 当两组电通量测定值相差不超过 15% 时,应以两组平均

值作为结构混凝土在检测龄期电通量推定值；

6 当两组氯离子迁移系数测定值相差超过 15% 时,应以分别给出两组电通量测定值,作为结构混凝土内部和外部在检测龄期电通量推定值。

### 9.5 抗硫酸盐侵蚀性能检测

9.5.1 混凝土结构构件抗硫酸盐侵蚀检测操作与试件处理应符合下列规定：

1 在受检区域随机布置取样点,每个受检区域取样不应少于 1 组;每组应由不少于 6 个直径不小于 100mm 且长度不小于直径的芯样组成；

2 应将无明显缺陷的芯样加工成 6 个高度为  $100\text{mm} \pm 2\text{mm}$  的试件,取 3 个作抗硫酸盐侵蚀试验,另外 3 个作为抗压强度对比试件；

3 硫酸盐溶液干湿交替的试验应按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 有关规定进行；

4 当试件出现明显损伤或干湿交替次数超过预期的次数时,应停止试验,进行抗压强度检测,并应计算混凝土强度耐腐蚀系数。

9.5.2 抗压强度及强度耐腐蚀系数应按下列规定检测：

1 将 3 个硫酸盐侵蚀试件与 3 个对比试件晾干,同时进行端面修整,使 6 个试件承压面的平整度、端面平行度及端面垂直度应符合国家现行标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的有关规定；

2 测试试件的抗压强度,应分别计算 3 个硫酸盐侵蚀试件和 3 个对比试件的抗压强度平均值；

3 强度耐腐蚀性系数应按下式计算：

$$K_f = \frac{f_{cor,s,m}}{f_{cor,s,mo}} \times 100 \quad (9.5.2)$$

式中:  $K_f$ ——强度耐腐蚀系数, 精确至 0.1%;

$f_{cor,s,mo}$ ——3 个对比试件的抗压强度平均值, 精确至 0.1MPa;

$f_{cor,s,m}$ ——3 个硫酸盐侵蚀试件抗压强度平均值, 精确至 0.1MPa。

**9.5.3 混凝土抗硫酸盐等级可按下列规定进行推定:**

**1** 当强度耐腐蚀系数在 75%±5% 范围内时, 混凝土抗硫酸盐等级可用停止试验时的干湿循环次数表示;

**2** 当强度耐腐蚀系数超过 75%±5% 范围内时, 混凝土抗硫酸盐等级可按下式计算:

$$N_{sR} = N \times K_f / 0.75 \quad (9.5.3)$$

式中:  $N_{sR}$ ——推定的混凝土抗硫酸盐等级;

$N_s$ ——停止试验时的干湿循环次数。

## 10 有害物质含量检测

### 10.1 游离氧化钙检测

**10.1.1** 本检测方法适用于判定  $f\text{-CaO}$  对混凝土质量的影响。

**10.1.2**  $f\text{-CaO}$  对混凝土质量影响的检测可分为现场检查、薄片沸煮检测和芯样试件检测等。

**10.1.3** 现场检查可通过调查和检查混凝土外观质量(有无开裂、疏松、崩溃等严重破坏症状)初步确定  $f\text{-CaO}$  对混凝土质有量影响的部位和范围。

**10.1.4** 在初步确定有  $f\text{-CaO}$  对混凝土质量有影响的部位上钻取混凝土芯样,芯样的直径可为  $70\text{mm}\sim 100\text{mm}$ ,在同一部位钻取的芯样数量不应少于两个,同一批受检混凝土至少应取得上述混凝土芯样三组。

**10.1.5** 在每个芯样上截取一个无外观缺陷的  $10\text{mm}$  厚的薄片试件,同时将芯样加工成高径比为  $1.0$  的抗压试件,抗压试件不应存在钢筋或明显的外观缺陷。

**10.1.6** 试件沸煮过程要求:调整好沸煮箱内的水位,使能保证在整个沸煮过程中都超过试件,不需中途添补试验用水,同时又能保证在  $30\text{min}\pm 5\text{min}$  内升至沸腾;将试样放在沸煮箱的试架上,在  $30\text{min}\pm 5\text{min}$  内加热至沸,恒沸  $6\text{h}$ ,关闭沸煮箱自然降至室温。

**10.1.7** 试件的检测应遵守下列规定:

1 薄片沸煮检测,将薄片试件放入沸煮箱的试架上进行沸煮,沸煮过程要求应符合  $10.1.6$  条的规定。对沸煮过的薄片试件进行外观检查;

2 芯样试件检测,将同一部位钻取的  $2$  个芯样试件中的  $1$

个放入沸煮箱的试架上进行沸煮,沸煮过程要求应符合 10.1.6 条的规定。对沸煮过的芯样试件进行外观检查。将沸煮过的芯样试件晾置 3 天,并与未沸煮的芯样试件同时进行抗压强度测试。芯样试件抗压强度测试应符合《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS 03 的规定。按式计算每组芯样试件强度变化的百分率  $\xi_{\text{cor}}$ ,并计算全部芯样试件抗压强度变换百分率的平均值  $\xi_{\text{cor},m}$ 。

$$\xi_{\text{cor}} = |(f_{\text{cor}} - f_{\text{cor}}^*) / f_{\text{cor}}| \times 100 \quad (10.1.7)$$

式中  $\xi_{\text{cor}}$ —芯样试件强度变化的百分率;

$f_{\text{cor}}$  — 未沸煮芯样试件抗压强度;

$f_{\text{cor}}^*$  — 同组沸煮芯样试件抗压强度。

**10.1.8** 当出现下列情况之一时,可判定  $f_{\text{CaO}}$  对混凝土质量有影响:

- 1 有两个或两个以上沸煮试件(包括薄片试件和芯样试件)出现开裂、疏松或崩溃等现象;
- 2 芯样试件强度变化百分率平均值  $\xi_{\text{cor},m} > 30\%$ ;
- 3 仅有一个薄片试件出现开裂、疏松或崩溃等现象,并有一个  $\xi_{\text{cor}} > 30\%$ 。

## 10.2 氯离子含量检测

**10.2.1** 结构混凝土中氯离子含量的测定结果宜用混凝土中氯离子占水泥用量之比表示。

**10.2.2** 结构混凝土氯离子含量测定所用样品的制备应符合下列规定:

- 1 将混凝土试件(芯样)破碎,剔除石子;
- 2 将试样缩分至 100g,研磨至全部通过 0.08mm 的筛;
- 3 用磁铁吸出试样中的金属铁屑;
- 4 将试样置于 105℃~110℃烘箱中烘干 2h,取出后放入干

燥器中冷却至室温备用。

**10.2.3** 结构混凝土砂浆试样中氯离子的含量的化学分析应按下列方法测定：

1 称取 20g 试样，精确至 0.01g，置于磨口三角瓶中，加入 300mL 蒸馏水剧烈振荡 3min~4min，浸泡 24h 或在 90℃ 的水浴锅中浸泡 3h，然后用定性滤纸过滤得到试样溶液；

2 用移液管分别取 50mL 试样溶液置于三个 250 mL 锥形瓶中，并将提取试样溶液的 pH 值调整到 7~8。调整 pH 值时用硝酸溶液调整酸度，用碳酸氢钠或氢氧化钠调整碱度；

3 在试样溶液中加入浓度为 50g/L 的铬酸钾指示剂 10 滴~12 滴，制成标准试样溶液；

4 用浓度为 0.01mol/L 的硝酸银标准溶液滴定，边滴边摇，直至标准试样溶液呈现不消失的淡橙色为终点，记下消耗硝酸银标准溶液的毫升数  $V_3$ ；

5 同时做空白试验；空白试验方法：取 70mL 无  $Cl^-$  的蒸馏水放入 300mL 三角瓶中，加入 1mL 浓度为 50 g/L 铬酸钾指示液制成空白试验溶液。在强烈振荡下，用硝酸银标准溶液滴至空白试验溶液呈淡橙色即为终点，记下消耗硝酸银标准溶液的毫升数  $V_2$ ；

6 按下式计算试样中氯离子含量：

$$W_{Cl} = \frac{C_{(AgNO_3)} \times (V_3 - V_2) \times 0.0355 \times 6}{m} \quad (10.2.3)$$

式中  $C_{(AgNO_3)}$  —硝酸银标准溶液的浓度(mol/L)；

$V_3$  —滴定时消耗硝酸银标准溶液的体积(mL)；

$V_2$  —空白试验消耗硝酸银标准溶液的体积(mL)；

$m$  —试样质量(g)。

7 氯离子含量的测试结果以三次试验的平均值  $P_{Cl,m}$  表示，计算精确至 0.001%。

**10.2.4** 结构混凝土中氯离子占水泥用量的百分比可按下列方

法确定：

- 1 确定每份砂浆试样中水泥用量；
- 2 取三份砂浆水泥用量的算术平均值  $P_{p,m}$  作为代表值；
- 3 按下式计算氯离子占水泥用量的比值  $P_{cl,p}$

$$P_{cl,p} = P_{cl,m} / P_{p,m} \times 100\% \quad (10.2.4)$$

式中  $P_{cl,p}$  —氯离子占水泥用量的百分比；

$P_{cl,m}$  —氯离子占砂浆试样的比值；

$P_{p,m}$  —水泥占砂浆试样的重量比。

**10.2.5** 结构混凝土中氯离子占水泥用量的百分比也可按下列方法估算：

1 根据混凝土的配合比确定混凝土中水泥和掺和料与细骨料的质量比  $\lambda_c$ ；

- 2 按下式估算氯离子占混凝土全部粉料质量的百分比；

$$P_{cl,t} = P_{cl,m} / \lambda_c \quad (10.2.5-1)$$

3 根据配合比及水泥产品标准的参数，估计水泥占粉料的质量比  $\lambda_p$ ；

- 4 按下式估算氯离子占水泥质量的百分比。

$$P_{cl,p} = P_{cl,t} / \lambda_p \quad (10.2.5-2)$$

### 10.3 碱含量检测

**10.3.1** 混凝土中碱含量的测定应提供单位体积混凝土中钠和钾等碱金属的含量。

**10.3.2** 混凝土碱含量测定所用样品的制备应符合下列规定：

- 1 将混凝土试件破碎，剔除石子；
- 2 将试样缩分至 100g，研磨至全部通过 0.08mm 的筛；
- 3 用磁铁吸出试样中的铁屑；
- 4 将试样置于 105℃～110℃烘箱中烘干 2h，取出后放入干燥器中冷却至室温备用。



**10.3.3** 混凝土碱含量测定所用火焰光度计法的工作曲线应按照《水泥化学分析方法》GB/T 176 绘制。

**10.3.4** 混凝土总碱含量的化学分析应按下列方法测定：

1 准确称取 0.2g(精确至 0.0001g)样品置于铂皿中,用少量水润湿。加入 15~20 滴硫酸(1+1)及 5mL~10mL 氢氟酸,置于低温电热板上蒸发近干时,摇动铂皿,以防溅失。待氢氟酸驱尽后,逐渐升高温度,将三氧化硫的白烟赶尽,取下,放冷。加入约 50mL 热水,并将残渣压碎使其溶解。加入 1 滴 2g/L 甲基红指示剂溶液,用氨水(1+1)中和至黄色,再加入 100mL 浓度为 100g/L 碳酸铵溶液,搅拌,置于电热板上加热 20min~30min。用快速滤纸过滤,以热水洗涤,滤液及洗液盛于 100mL 容量瓶中。冷却至室温后,以盐酸(1+1)中和至溶液呈微红色,然后用水稀释至标线,摇匀,用火焰光度计按仪器使用规程进行测定,测得检流计读数。与此同时用蒸馏水做空白样品,扣除空白样品的检流计读数后,从工作曲线查得的氧化钾、氧化钠的毫克数。

2 按下式计算样品中碱含量：

$$X_{K_2O} = \frac{C_1}{m_1 \times 1000} \times 100$$

$$X_{Na_2O} = \frac{C_2}{m_1 \times 1000} \times 100$$

$$X_{Na_2O_{eq}} = X_{Na_2O} + 0.658X_{K_2O} \quad (10.3.4-1)$$

式中  $X_{K_2O}$  ——样品中氧化钾的质量分数, %;

$X_{Na_2O}$  ——样品中氧化钠的质量分数, %;

$X_{Na_2O_{eq}}$  ——样品中氧化钠当量的质量分数,即样品的碱含量, %;

$C_1$  ——在工作曲线上查得每 100mL 被测定溶液中氧化钾的含量, mg;

$C_2$  ——在工作曲线上查得每 100mL 被测定溶液中氧化钠的含量, mg;

$m_1$  ——样品的质量, g。

3 样品中碱含量以三次测试结果的平均值表示。

4 按下式计算单位体积混凝土中总碱量：

$$A = M \times X_{Na_2O_{eq}} = \frac{\rho(m-G)}{m} \times X_{Na_2O_{eq}} \quad (10.3.4-2)$$

式中  $A$  ——混凝土中的总碱量, kg;

$M$  ——可测试组分的质量, kg;

$m$  ——芯样的质量, g;

$\rho$  ——芯样的密度, kg/m<sup>3</sup>;

$G$  ——芯样中骨料的质量, g。

10.3.5 混凝土可溶性碱含量的化学分析应按下列方法测定：

1 准确称取 25.0g(精确至 0.01g)样品放入 500mL 锥形瓶中,加入 300mL 蒸馏水,用振荡器振荡 3h 或 80℃ 水浴锅中用磁力搅拌器搅拌 2h,然后在弱真空条件下用布氏漏斗过滤将滤液转移到一个 500mL 的容量瓶中,加水至刻度。用火焰光度计按仪器使用规程进行测定,测得检流计读数。与此同时用蒸馏水做空白样品,扣除空白样品的检流计读数后,从工作曲线查得的氧化钾、氧化钠的毫克数。

2 按下式计算样品的可溶性碱含量。

$$X_{K_2O}^S = \frac{C_3}{m_2 \times 1000} \times 100$$

$$X_{Na_2O}^S = \frac{C_4}{m_2 \times 1000} \times 100$$

$$X_{Na_2O_{eq}}^S = X_{Na_2O}^S + 0.658 X_{K_2O}^S \quad (10.3.5-1)$$

式中  $X_{K_2O}^S$  ——样品中可溶性氧化钾的质量分数, %;

$X_{Na_2O}^S$  ——样品中可溶性氧化钠的质量分数, %;

$X_{Na_2O_{eq}}^S$  ——样品中可溶性氧化钠当量的质量分数,即样品的可溶性碱含量, %;

$C_3$  ——在工作曲线上查得每 100mL 被测定溶液中氧化钾的含量, mg;

$C_4$  ——在工作曲线上查得每 100mL 被测定溶液中氧化钠

的含量,mg;

$m_2$  ——样品的质量,g。

3 样品中可溶性碱含量以两次测试结果的平均值表示。

4 按下式计算混凝土中可溶性碱含量进行:

$$A^S = M \times X_{Na_2O_{eq}}^S = \frac{\rho(m-G)}{m} \times X_{Na_2O_{eq}}^S \quad (10.3.5-2)$$

式中  $A^S$  ——混凝土中的可溶性碱含量,kg;

$M$  ——可测试组分的质量,kg;

$\rho$  ——芯样的密度,kg/m<sup>3</sup>。

10.3.6 当混凝土中碱含量超过规范的限值时,尚应判定是否存在碱骨料反应造成的体积不稳定性危险。

## 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,非这样做不可的用词:

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用词:

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用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不宜”。

4) 表示允许有选择,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和规定执行的写法为:“应符合……规定(或要求)”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《钢筋混凝土用钢第 1 部分:热轧光圆钢筋》GB 1499.1  
《钢筋混凝土用钢第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB 1499.2  
《混凝土结构设计规范》GB 50010  
《工程测量规范》GB 50026  
《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204  
《水泥化学分析方法》GB/T 176  
《回弹仪》GB/T 9138  
《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081  
《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082  
《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344  
《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784  
《建筑变形测量规范》JGJ 8  
《水利水电工程物探规程》SL 326  
《水工混凝土试验规程》SL 352  
《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23  
《混凝土中钢筋检测技术规程》JGJ/T 152  
《高强混凝土强度检测技术规程》JGJ/T 294  
《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384

重庆工程职业技术学院

重庆市工程建设标准

# 混凝土结构构件质量缺陷检测技术标准

DBJ50/T-428-2022

条文说明

2022 重 庆

重庆工程学校



## 目 次

|     |                     |    |
|-----|---------------------|----|
| 1   | 总则                  | 65 |
| 2   | 术语、符号               | 66 |
| 2.1 | 术语                  | 66 |
| 2.2 | 符号                  | 66 |
| 3   | 基本规定                | 67 |
| 4   | 结构构件尺寸及钢筋偏差检测       | 68 |
| 4.1 | 一般规定                | 68 |
| 4.2 | 梁、柱、板及节点的截面尺寸检测     | 68 |
| 4.3 | 钢筋的直径、间距及保护层厚度检测    | 69 |
| 5   | 变形与位移               | 70 |
| 6   | 外观缺陷与内部缺陷检测         | 71 |
| 6.1 | 一般规定                | 71 |
| 6.2 | 外观缺陷检测              | 71 |
| 6.3 | 超声波法检测混凝土内部缺陷       | 72 |
| 6.4 | 超声波法检测钢—混凝土组合结构内部缺陷 | 72 |
| 7   | 强度检测                | 74 |
| 7.1 | 一般规定                | 74 |
| 7.2 | 抽样方案与抽样方法           | 74 |
| 7.3 | 钻芯法检测混凝土抗压强度        | 75 |
| 7.5 | 回弹-取芯法检测混凝土抗压强度     | 75 |
| 8   | 火灾损伤检测              | 76 |
| 9   | 耐久性检测               | 77 |
| 9.1 | 一般规定                | 77 |

|      |                     |    |
|------|---------------------|----|
| 9.3  | 钢筋锈蚀及力学性能损失检测 ..... | 77 |
| 9.4  | 抗氯离子渗透性能检测 .....    | 78 |
| 9.5  | 抗硫酸盐侵蚀性能检测 .....    | 78 |
| 10   | 有害物质含量检测 .....      | 79 |
| 10.1 | 游离氧化钙检测 .....       | 79 |
| 10.2 | 氯离子含量检测 .....       | 79 |
| 10.3 | 碱含量检测 .....         | 80 |

## 1 总 则

**1.0.1** 本条提出编制本标准的目的。随着混凝土结构建筑的快速增加,混凝土构件质量缺陷问题愈发明显,针对性的整合混凝土构件缺陷检测技术方法,能够提高检测结果的可比性,提高检测的可靠度,有利于重庆地区建筑行业的健康发展。

**1.0.2** 本条规定了本标准的适用范围。本标准的检测和评定同样适用于市政工程和装配式建筑预制混凝土构件。

**1.0.3** 本标准主要提供混凝土构件的检测技术,相关的抽样方法和要求应符合国家、行业和重庆市地方标准的规定;相应的结果判定应符合国家和行业现行产品标准或施工质量验收标准。

## 2 术语、符号

### 2.1 术语

本标准采用的术语及其含义,是根据下列原则确定的:

- 1 凡现行工程建设标准已规定的,一律加以引用,不再另行给出定义或说明;
- 2 凡现行工程建设标准尚未规定的,由本标准自行给出定义和说明;
- 3 当现行工程建设标准已有该术语及其说明,但未按准确的表达方式定义或定义所概括的内容不全时,由本标准完善其定义和说明。

### 2.2 符号

本标准采用的符号及其意义,是根据现行国家标准《工程结构设计通用符号标准》GB/T 50132 规定的符号用字规则及其表达方法制定的,但制定过程中,注意了与有关标准的协调和统一问题。

### 3 基本规定

**3.0.2** 本条提出了检测工作开展前和开展过程中需明确和开展的工作。检测工作开展需遵照相应的要求和流程,避免缺项、漏检情况的发生。

**3.0.3** 不同的检测设备、检测方法都具有各自优势和特点,根据实际情况选用合适的检测设备与方法能够提高检测的准确度和可信度。

**3.0.4** 当采用钻孔法和钻芯法时,形成的孔洞应及时封填,且修补材料强度宜比原有混凝土高一个强度等级,或按设计要求修补。

**3.0.5** 本条规定了开展混凝土结构构件检测仪器和设备的相关求。

**3.0.6** 补检过程同样需要遵照本标准和现行国家、行业相关标准的要求,不能为了方便处理检测数据,不按照随机抽样原则,人为选择检测位置或检测点。

## 4 结构构件尺寸及钢筋偏差检测

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 本条提出了混凝土结构构件及节点、钢筋等检测项目,以及由钢筋延伸出的相关尺寸检测。

**4.1.2** 构件表面的抹灰层、装修层等因素会对检测结果的准确性造成不利影响。在对结构构件表面抹灰、装修层进行剔凿、清理的过程中,不能破坏主体结构。

**4.1.3** 当既有建筑或新建建筑的混凝土构件存在人为或自然灾害损坏时,进行截面尺寸检测前,应仔细观察构件的损坏情况,以最不利部位作为检测部位。

### 4.2 梁、柱、板及节点的截面尺寸检测

**4.2.1** 本条提出了梁、柱、板、节点尺寸的检测方法及仪器的精度要求。

**4.2.2** 对于截面变化的梁、柱,测量应包含每个不同的截面,对于截面复杂的梁、柱,还应增加图示进行辅助说明。

**4.2.3** 对于板的厚度检测,采用局部破损方法验证时,可用电锤等将楼板开洞,开洞位置应在结构受损较小处,对于在设计上有洞口的楼板,可将洞口位置作为其中一个测量点。

**4.2.4** 节点部位是容易出现尺寸偏差过大的地方,对结构构件节点的尺寸测量应对每个方向的梁、柱的尺寸分别测量。对于复杂节点,可作图说明节点尺寸。

### 4.3 钢筋的直径、间距及保护层厚度检测

**4.3.1** 在既有建筑或在建建筑中,已使用钢筋直径的测量可使用满足精度要求的钢筋检测仪器进行测量。当检测结果与设计不符时,可采用局部破损检测方法,在剔凿出局部钢筋的情况下,用游标卡尺直接测量钢筋直径。当需要取得钢筋截面积的精确值时,应采取取样称量法进行检测或采取取样称量法对原位实测法进行验证。取样称量时钢筋的取样长度应不小于300mm,且钢筋应清理干净。

**4.3.2** 本条提出钢筋直径的原位测试方法,在检测中应排除可能干扰检测结果的混凝土以及绑扎箍筋的扎丝等杂物。

**4.3.3** 钢筋的间距和保护层厚度可同时进行测量,首先用探测仪扫描出主筋、箍筋的位置,用记号笔画出钢筋位置。钢筋间距可用钢尺测量,保护层厚度可直接从仪器读数。对仪器检测结果存疑时可局部剔凿,用深度游标卡尺或塞尺测量;在钢筋过密或有影响探测仪检测结果的情况下,应直接采用局部破损方法检测。

## 5 变形与位移

**5.0.1** 当建筑基础、桥梁发生变形或有要求时,应进行建筑主体挠度检测。

**5.0.2** 当大跨度构件、建筑上部结构、墙、柱等发生挠度变形或有要求时,应进行建筑结构构件挠度检测。

**5.0.3** 当尚处于设计使用年限内的建筑主体装饰面难以清除或清除后难以恢复的,可通过测试装饰面垂直度来反映建筑主体垂直度,但建筑装饰面的具体情况应进行说明。

**5.0.4** 本条提出了建筑主体垂直度的三种检测方法。投点法的主要适用于规则的长方形或正方形结构,如果结构相对复杂或投点困难,则可以采用测水平距离法;前方交汇法的精度相对较差,主要适用于距离较远或测距困难的场所。

**5.0.5** 本条提出了混凝土结构构件垂直度检测可采用的设备和参照标准。悬挂吊锤法是直接测量构件垂直度最简单的方法,主要适用于构件规则且通直的构件;经纬仪、全站仪等高精度的仪器主要适合空间相对开敞的场合。

**5.0.6** 混凝土构件位置偏差应依据设计位置进行检测,测试结果按照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定评定。



## 6 外观缺陷与内部缺陷检测

### 6.1 一般规定

6.1.1 本条规定了混凝土结构构件外观缺陷检测的方法。

6.1.2 本条规定了混凝土结构构件内部缺陷检测的方法。对于混凝土内部缺陷,无损检测方法较多,超声波法发展较早,而冲击回波法和雷达法是近 10 年发展起来的,在混凝土结构缺陷检测领域均有广泛的应用,是在目前比较成熟且实用的方法,所以本标准推荐采用此三种方法。为了减少对混凝土内部缺陷的误判,必要时也可采用局部破损检测方法,如钻芯法进行验证。

6.1.3 振荡波信号主要会受到噪声和振动的影响,电磁波信号主要会受到电磁辐射的影响。

6.1.4 本条推荐采用两种或两种以上检测方法,主要是为了提高检测结果的可靠性。

### 6.2 外观缺陷检测

6.2.1 本条列举了一些常见的外观缺陷,并对外观缺陷的检测内容及缺陷对混凝土结构性能和使用功能影响的严重程度进行了规定。

6.2.2 本条规定了一般情况下,对受检范围内的外观缺陷应全数检查。

6.2.3 本条规定了不同种类外观缺陷的检测方法。

### 6.3 超声波法检测混凝土内部缺陷

**6.3.3** 本条规定了不同结构形状和测试条件所采用的不同测试方法。一般梁、柱、墙体等具有两个相互平行自由面的混凝土结构,自由面自然成为测试面,可直接采用对测法、斜测法和汇交法进行测试。地下室底板、挡墙等混凝土结构只具有一个自由面,如将自由面作为测试面,收发点之间的声波路径无法通过缺陷区域,需要钻孔才能实现测试。测试距离大,声波型号衰减也大,当这种衰减使换能器发出的能量无法被另一支换能器收到,或者接收到的信号失真,需要钻孔缩小测试距离,使发射和接收具有较清晰的信号传递。如基桩、地下连续墙等埋入地下的混凝土结构没有自由面,需要通过钻孔才能进行测试。

### 6.4 超声波法检测钢—混凝土组合结构内部缺陷

**6.4.3** 本条规定了各种钢—混凝土组合结构测试时方法选择和测点布置,由于工程构件实际情况较复杂,故在现场检测时,可根据实际情况进行合理选择,必要时可以进行几种方法的组合测试。1~2款是径向对测的检测方法,各测点、测线的间距,可根据实际情况进行选择。3~5款是直接对测的检测方法,各测点、测线的间距,可根据实际情况进行选择。

**6.4.4** 已有工程实践证明,横波是影响超声法检测混凝土缺陷准确性的重要因素之一,故检测时,应尽量保持换能器测线与测面相互垂直,尽量减小横波干扰,同时,有条件时,可以采用专用的有指向性的定向换能器,进一步避免产生横波。

**6.4.5** 当检测内部混凝土的密实度时,特别提出龄期的要求,主要是两个原因,一是如果龄期过长,钢与混凝土之间更容易产生脱粘的情况,脱粘后对测试混凝土密实度影响较大,二是如果龄

期过短,混凝土强度未发展起来,与“缺陷体”的强度差异较小,对测试结果也会产生较大影响。

**6.4.6** 脱粘空隙的检测受到影响的因素很多很复杂,在有条件时,可以采用敲击法进行排查,然后采集明显脱空的声学参数,用于综合分析判断脱粘情况。

**6.4.7** 对于混凝土内部型钢比较复杂的大型构件,径向换能器与平面换能器相组合使用的方式能够有效地避免干扰,径向换能器与平面换能器组合测试方法已有工程实践证明有效可行。

## 7 强度检测

### 7.1 一般规定

**7.1.2** 混凝土结构构件抗压强度的检测方法有钻芯法、回弹法、回弹-钻芯法、超声-回弹综合法、后装拔出法等,检测方法按表 7.1.2 进行选用。当具备钻芯法检测条件时,宜采用钻芯法对其他方法的检测结果进行修正或验证。

### 7.2 抽样方案与抽样方法

**7.2.1** 仅分成全数检验和抽样检验两种方式。过去把全数检测也作为抽样方案之一,在文字逻辑上存在问题。把全数检测称为一种检测方式可能比较合适。

**7.2.2** 全数抽样并不意味着整个工程或全部结构构件,可以有局部构件全数检测。

**7.2.3** 抽样方案不再包括全数检验,分成计数抽样方案、计量抽样方案和计量与计数混合抽样方案三种情况。实际上大多数计数检测中都含有计量检测的项目,检测项目的特性并不影响抽样方案的特征。原则上讲计量抽样方案也具有类似的情况。但是由于一些计量检测的方法会涉及被检构件的数量,根据目前检测单位的习惯,增加了增加计量与计数混合抽样方案。抽样方案与抽样方法分离,抽样方法可分成随机抽样、约定抽样。

**7.2.5** 工程质量检测,计数检测项目全数检测也可按上述规则进行合格判定。

### 7.3 钻芯法检测混凝土抗压强度

7.3.1 检测方法采用钻芯法,芯样钻取、加工、试验参照《钻芯法检测混凝土抗压强度技术规程》CECS 03 进行。

### 7.5 回弹-取芯法检测混凝土抗压强度

7.5.2 回弹检测时,混凝土的碳化深度测量和检测数据的修正应符合《回弹法检测混凝土抗压强度技术规范》JGJ/T 23 的有关规定。回弹仪的技术要求、检定和保养也应符合现行行业标准《回弹法检测混凝土抗压强度技术规范》JGJ/T 23 的有关规定。每个构件应选取不少于 5 个测区进行回弹检测及回弹值计算,并应符合现行行业标准《回弹法检测混凝土抗压强度技术规范》JGJ/T 23 对单个构件检测的有关规定。楼板构件的回弹宜在板底进行。

## 8 火灾损伤检测

**8.0.2** 大面积坍塌的混凝土结构进行火灾损伤检测的必要性很小。

**8.0.3** 火灾损伤检测抽查对象应针对受灾层上下 1~2 层未受灾的楼层,楼层少的建筑、非建筑类构筑物需增加相邻区段的检测和鉴定。抽查的目的为比较火灾损伤程度提供基准数据,同时一般的评定机构也希望了解结构工程施工质量的情况。

**8.0.11** 判定火场温度、起火原因、起火时间、起火位置等不应成为火灾损坏检测的重点。

## 9 耐久性检测

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 针对的是混凝土材料性能,要求在标准状态下使用标准试件。本标准所指耐久性是指结构实体中的混凝土性能,本质上属于结构性能检测。现场检测所用试件不具备标准养护条件,有些试件的尺寸与试验方法标准规定的尺寸不完全一致,检测时混凝土龄期一般也不是 28d,只能测定结构混凝土在检测龄期时的实际耐久性性能参数。

**9.1.3** 对于配筋较密的混凝土构件,钻孔难以避开箍筋时,应保证在不损伤主筋的条件下进行检测。

### 9.3 钢筋锈蚀及力学性能损失检测

**9.3.1** 间接方法受混凝土状态(如含水率等)的影响较大,存在较大的不确定性。

**9.3.2** 混凝土保护层剔除的长度和深度应满足准确测量的要求。测量的项目和方法应满足相关钢筋产品标准如现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB 1499.2 的有关规定。对于带肋钢筋应同时测量内径和外径,以便计算肋高。

**9.3.3** 应尽可能截取外露的钢筋。公式(9.3.3)是根据钢材密度  $7.85\text{g/cm}^3$  计算钢筋直径,严格意义上来说是不同的截面形式钢筋的当量直径。

## 9.4 抗氯离子渗透性能检测

**9.4.1** 本节提出的试验方法与《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的有关规定基本一致。

## 9.5 抗硫酸盐侵蚀性能检测

**9.5.1** 本条对取样检测结构混凝土抗硫酸盐侵蚀性能的取样操作与试件处理提出要求。

**9.5.2** 本条提出的试验方法与《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的有关规定基本一致。

**9.5.3** 结构混凝土抗硫酸盐侵蚀性能检测值应根据混凝土强度耐腐蚀系数进行修正。



## 10 有害物质含量检测

### 10.1 游离氧化钙检测

**10.1.5** 本条规定了检验混凝土中游离氧化钙影响的试件制作方法。

**10.1.6** 规定了混凝土中游离氧化钙影响的取样检验方法。

### 10.2 氯离子含量检测

**10.2.1** 《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于氯离子含量的限值将改为氯离子与硅酸盐水泥用量的比值。现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 的限值为氯离子与水泥用量的比值,有些国家的限值为是氯离子与混凝土质量的比值。硬化混凝土中,水泥的水化物具有结合或平衡氯离子的能力,掺和料对于提高水泥水化物结合氯离子能力的作用不明显,混凝土中的骨料不能结合氯离子。用氯离子与水泥用量之比值作为限值可能较好。

**10.2.2** 本条对结构混凝土中氯离子含量测定所用样品的制备进行规定。混凝土中氯离子含量一般较少,采用砂浆制取试样,既可提高分析结果的稳定性和准确性,也可排除骨料中相应成分的干扰。

**10.2.3** 本条提出水溶性氯离子含量的化学分析方法。混凝土中氯离子可以分为水溶性氯离子和酸溶性氯离子(总氯含量),造成钢筋锈蚀的主要是水溶性氯离子。当需要测定混凝土中总氯离子含量时,可参照相关试验方法标准进行检测。

**10.2.4** 本条提出了混凝土中氯离子与水泥用量的百分比的确定方法。砂浆试样中水泥用量可按混凝土配合比换算。一些国

际标准提供了混凝土中水泥用量的测定方法,对这些方法进行验证后,可用于混凝土中水泥用量的直接测定。

**10.2.5** 本条提出混凝土中氯离子与胶凝材料用量的百分比的计算方法。计算时宜确认原始配合比的有效性。

### **10.3 碱含量检测**

**10.3.2** 本条对结构混凝土中碱含量测定所用样品的制备进行规定。

**10.3.4** 本条对结构混凝土中总碱含量的测定进行规定。

**10.3.5** 本条对结构混凝土中水溶性碱含量的测定进行规定。