

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB 37/T 2364—20**
代替 DB 37/T 2364—2013

后锚固法检测混凝土抗压强度技术规程

Technical specification for inspection of concrete compressive strength by
post-installed adhesive anchorage method

20** – ** – **发布

20** – ** – **实施

山东省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 2

5 后锚固法检测装置 2

 5.1 技术要求..... 2

 5.2 测力系统..... 3

 5.3 测力仪技术性能..... 3

 5.4 测力仪校准..... 4

 5.5 钻孔机..... 4

 5.6 锚固件及定位圆盘注胶器..... 4

 5.7 锚固胶..... 4

 5.8 后锚固破坏状态..... 5

6 检测技术 5

 6.1 一般规定..... 5

 6.2 钻孔..... 7

 6.3 清孔与锚固..... 7

 6.4 拔出检测..... 7

 6.5 钻芯修正..... 7

7 测强曲线 7

 7.1 适用条件..... 7

 7.2 制定专用测强曲线或通过试验进行修正..... 8

 7.3 测点混凝土强度换算值..... 8

8 检测数据分析处理 8

 8.1 混凝土强度平均值、标准差及变异系数..... 8

 8.2 异常数据判断和处理..... 8

 8.3 变异系数限值..... 9

 8.4 混凝土强度推定..... 9

 8.5 异常构件处理..... 10

附录 A (规范性) 专用测强曲线的制定方法..... 11

附录 B (规范性) 混凝土测点强度换算表..... 13

附录 C (规范性) 异常数据判断和处理..... 16

附录 D (规范性) 检验批样本容量与推定区间上、下限系数..... 18

附录 E (规范性) 格拉布斯检验临界值表..... 19

参考文献 20

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替DB37/T 2364—2013《后锚固法检测混凝土抗压强度技术规程》，与DB37/T 2364—2013相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了引用文件中不相关的标准（见2013年版的第2章）；
- b) 更改了表2中注1、注2、注3的内容（见6.1.4，2013年版的6.1.4）；
- c) 增加了锚固胶相关标准（见5.7）；
- d) 增加了混凝土破坏状态及图示（见5.8）；
- e) 增加了收集资料中混凝土搅拌单位（见6.1.1）；
- f) 更改了按批抽样检测变异系数限值（见8.3.1表3，2013年版的8.3.1表3）；
- g) 删除了异常构件重新组批要求（见2013年版的8.5.2、8.5.3）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。 本文件由山东省住房和城乡建设厅提出、归口并组织实施。

本文件所代替标准的历次版本发布情况为：

——DB37/T 2364—2013

引 言

为规范山东地区后锚固法检测结构混凝土抗压强度技术，保证检测精度，根据山东省市场监督管理局《山东省市场监督管理局关于公布2020年度地方标准复审结果的通知》（鲁市监通告[2020]71号），山东省建筑科学研究院有限公司会同有关单位经调查研究，认真总结实践经验，参考国家有关标准，并广泛征求意见，起草了本文件。

新建工程混凝土强度的检测与评定应按GB 50204和GB/T 50107执行，当需要推定新建工程或既有建筑的混凝土强度时，可按本文件进行检测，检测结果可作为评价混凝土强度的依据。

现场检测作业，应遵守有关安全及劳动保护规定。采用后锚固法检测混凝土抗压强度，除应符合本文件的规定外，尚应符合国家有关标准的规定。

后锚固法检测混凝土抗压强度技术规程

1 范围

本文件规定了后锚固法检测混凝土抗压强度的术语、定义、检测装置技术要求、检测技术、测强曲线和检测数据分析处理。

本文件适用于采用后锚固法进行结构混凝土抗压强度的检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款，其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50728—2011 工程结构加固材料安全性鉴定技术规范

GB/T 4883 数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理

GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准

JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准

DB37/T 2368 钻芯法检测混凝土抗压强度技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

后锚固法 post-installed adhesive anchorage method

在已硬化混凝土中钻孔，并用高强胶粘剂植入锚固件，待胶粘剂固化后进行拔出检测，根据拔出力来推定混凝土强度的方法。

3.2

测点 testing point

检测混凝土强度时，按本文件要求取得检测数据的检测点。

3.3

检测批 inspection lot

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种类构件构成的检测对象。

3.4

按批抽样检测 batch sampling inspection

从检测批中抽取样本，通过对样本的测试确定该检测批质量的检测方法。

3.5

随机抽样 random sampling

从检测批中抽取样本单位，每个样本单位被抽取的可能性都相等的抽样方式。

3.6

测点强度换算值 conversion strength of testing point

由构件拔出力计算值通过测强曲线计算得到的现龄期混凝土抗压强度值。相当于被测构件测试部位在所处条件及龄期下，边长为150 mm立方体试块的抗压强度值。

3.7

强度推定值 estimated strength

相当于强度换算值总体分布中保证率不低于95%的强度值。

4 符号

下列符号适用于本文件。

e_r : 回归方程式的强度相对标准差。

$f_{c,i}$: 对应于第*i*个试块的拔出力值按回归方程式计算的强度换算值。

$f_{cu,e}^c$: 构件或检测批混凝土强度推定值。

$f_{cu,i}^c$: 第*i*个测点的混凝土强度换算值。

$f_{cu,l}^c$: 检测批混凝土强度标准值的推定区间下限值。

$f_{cu,u}^c$: 检测批混凝土强度标准值的推定区间上限值。

$f_{m,i}$: 由第*i*个试块抗压检测得出的混凝土立方体抗压强度值。

G_n 、 G'_n : 格拉布斯检验统计量。

$G_{0.975}$ 、 $G_{0.995}$: 格拉布斯检验临界值。

h_{er} : 锚固深度。

$k_{0.05,l}$: 0.05分位数推定区间下限值系数。

$k_{0.05,u}$: 0.05分位数推定区间上限值系数。

$m_{f_{cu}^c}$: 构件或检测批混凝土强度换算值的平均值。

$s_{f_{cu}^c}$: 构件或检测批混凝土强度换算值的标准差。

T_i : 构件第*i*个测点的拔出力值。

δ : 构件或检测批混凝土强度换算值的变异系数。

δ : 回归方程式的强度平均相对误差。

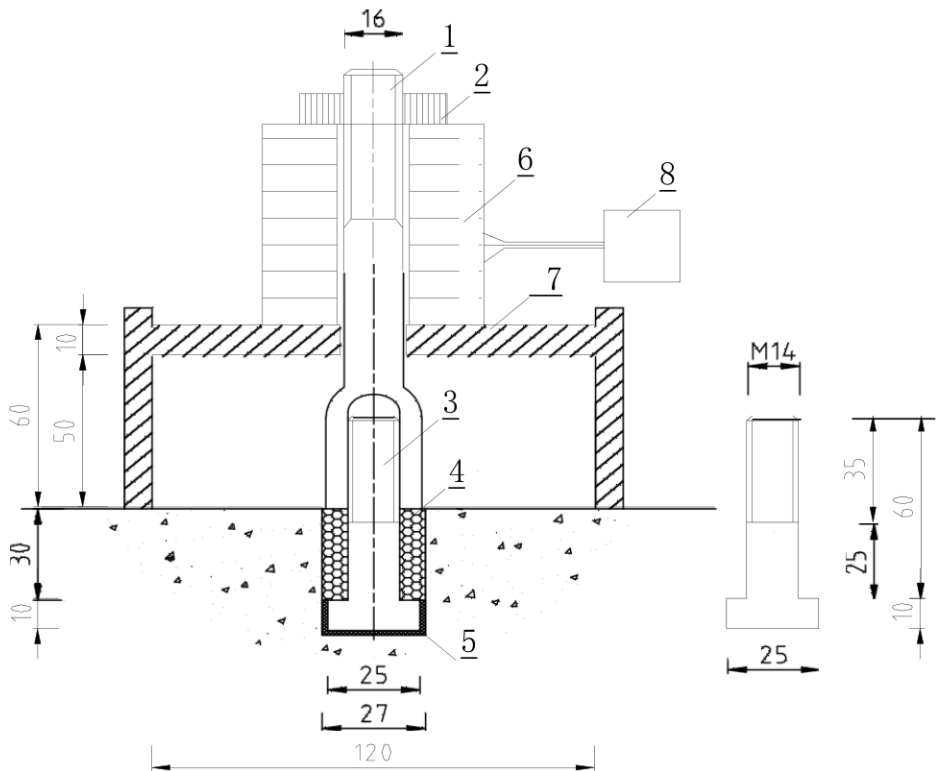
5 后锚固法检测装置

5.1 技术要求

5.1.1 后锚固法检测装置应由钻孔机、锚固件、定位圆环注胶器、测力系统等组成。

5.1.2 后锚固法检测装置应具有产品合格证，测力系统应具有法定计量机构的校准合格证书，并应定期校准。

5.1.3 后锚固法检测装置的反力支承圆环应有足够的强度和刚度，内径应为 (120 ± 2) mm，净高不应小于 50 mm；壁厚不应小于 10 mm；锚固深度应为 (30 ± 0.5) mm，锚固件尺寸允许误差应为 ±0.1 mm。锚固件应采用屈服强度不小于 355 MPa 的金属材料制作，详细尺寸见图 1。



- 说明：
- 1——拉杆；
 - 2——紧固螺母；
 - 3——锚固件；
 - 4——锚固胶；
 - 5——橡胶套；
 - 6——加荷装置；
 - 7——反力支撑环；
 - 8——测力仪。

图 1 后锚固拔出检测示意图

5.2 测力系统

测力系统由拉杆、加荷装置、测力仪、紧固螺母及反力支撑圆环组成，连接如图1所示。

5.3 测力仪技术性能

测力仪应具备以下技术性能：

- a) 工作最大拔出力应在额定拔出力的 $(20\sim80)$ %范围以内；
- b) 工作行程不应小于 6 mm；
- c) 示值相对误差不大于 ±2 %；

d) 测力装置应具有峰值保持功能。

5.4 测力仪校准

当遇有下列情况之一时，测力仪应进行校准：

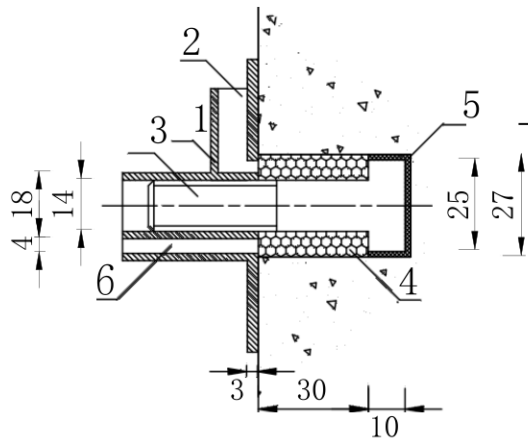
- a) 新仪器启用前；
- b) 经维修后；
- c) 出现异常时；
- d) 达到校准有效期限（有效期限为一年）；
- e) 遭受严重撞击或其他损害。

5.5 钻孔机

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

5.6 锚固件及定位圆盘注胶器

定位圆盘注胶器能保证锚固件垂直于混凝土检测面，并确保锚固件有效锚固深度为 (30 ± 0.5) mm。 定位圆盘注胶器应设有注胶孔、排气孔及持压漏斗。持压漏斗深度应不小于20 mm，在混凝土侧立面埋设锚固件时，持压漏斗应向上，确保锚固胶注满锚固件与混凝土的空隙，连接如图2所示。



说明：

- 1——定位圆盘注胶器；
- 2——持压漏斗；
- 3——锚固件；
- 4——锚固胶；
- 5——橡胶套；
- 6——注胶孔。

图2 定位圆盘注胶器与锚固件连接示意图

5.7 锚固胶

《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728—2011中以混凝土为基材、粘贴纤维复合材料用结构胶中的A级胶可直接用做锚固胶， 锚固胶基本性能指标应符合表1的规定。

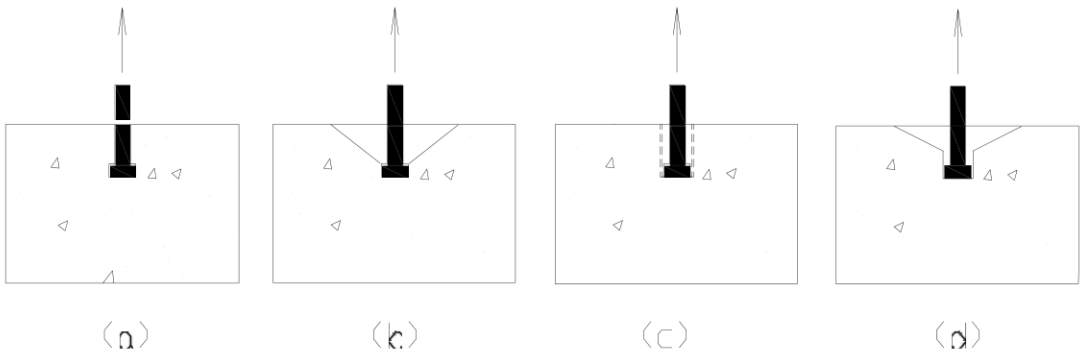
表 1 锚固胶基本性能

项目	性能要求	试验方法
抗拉强度（MPa）	≥40	GB/T 2567
抗压强度（MPa）	≥70	
混合后初黏度（23℃时）（mPa·s）	≤1800	GB/T 22314
钢-钢拉伸剪切强度（MPa）	≥14	GB/T 2567
注：表中的性能指标均为平均值。		

5.8 后锚固破坏状态

后锚固法检测混凝土可能出现以下四种破坏状态：

- (a) 为锚固件拔断；
- (b) 为混凝土锥体破坏；
- (c) 为锚固件拔脱破坏；
- (d) 为混凝土锥体及胶体粘结破坏。



- 检测时混凝土破坏面必须是混凝土锥体破坏，即破坏状态为（b）。
- 如果混凝土破坏面不是锥体破坏，检测数据无效，应检查仪器设置和锚固胶性能是否符合要求。

6 检测技术

6.1 一般规定

6.1.1 检测前宜收集的资料

检测前宜收集的资料如下：

- a) 工程名称及建设单位、设计单位、施工单位、混凝土搅拌单位和监理单位名称；
- b) 被检测结构或构件名称、混凝土设计强度等级及施工图纸；
- c) 水泥安定性检验报告，砂石品种、碎石最大粒径，混凝土配合比情况、混凝土拌合物坍落度等，帮助确定混凝土种类、适用方法及测强曲线；
- d) 施工时材料计量情况、模板类型、混凝土浇注和养护情况及成型日期；
- e) 结构或构件的试块混凝土强度试压资料以及相关的施工技术资料；
- f) 存在的质量问题及检测原因。

6.1.2 仪器设备检查

检测前，应检查钻孔机、测力系统的工作状态是否正常，钻头、锚固件的规格尺寸是否满足要求。

6.1.3 检测方式选择

6.1.3.1 混凝土强度检测可采用以下两种方式进行：

- a) 单个构件检测：适用于单个柱、梁、墙、基础等构件检测，当检测批构件总数少于 9 个时，按单个构件检测，其检测结论不得扩大到未检测的构件或范围；
- b) 按批抽样检测：适用于检测批混凝土强度的检测。

6.1.3.2 大型结构按施工顺序可划分为若干个检测区域，每个检测区域作为一个独立构件，根据检测区域数量及检测需要，选择检测方式。

6.1.4 按批抽样检测

按批抽样检测时，应进行随机抽样，且抽测构件最小数量应符合表2规定。

表 2 按批抽样检测随机抽测构件最小数量

检测批的容量	检测类别和样本最小容量			检测批的容量	检测类别和样本最小容量		
	A	B	C		A	B	C
9~15	2	3	5	91~150	8	20	32
16~25	3	5	8	151~280	13	32	50
26~50	5	8	13	281~500	20	50	80
51~90	5	13	20	501~1200	32	80	125
注 1：检测类别 A 适用于施工资料完善，且已有资料结果合格，采取放宽检测的情况； 注 2：检测类别 B 适用于施工资料完善，需要进一步确定混凝土质量状况的工程质量检测，采取正常检测的情况； 注 3：检测类别 C 适用于施工资料不完善，或已有资料结果不合格，或现场发现存在问题较多，采取加严检测的情况。 注 4：无特别说明时，样本单位为构件。							

6.1.5 测点布置

当混凝土表层与内部的质量有明显差异时，应将表层混凝土清除干净后方可进行检测。构件的测点 应符合下列要求：

- a) 单个构件检测时，每一构件至少均匀布置 3 个测点，当最大拔出力或最小拔出力与中间值之差大于中间值的 15% 时（包括两者均大于中间值的 15 %），应在最小拔出力测点附近再加测 2 个测点；
- b) 按批抽样检测时，应根据构件类型和受力特征布置测点，每个构件测点数量不得少于 1 个，检测批测点总数不得少于 10 个；
- c) 测点应优先布置在构件混凝土成型的侧面，混凝土成型的侧面确实无法布置测点时，可在混凝土成型的顶面布置测点，此时应清除混凝土表层浮浆，并使测点部位混凝土不平整度在 100 mm 长度内不大于 0.2 mm；
- d) 构件混凝土应力较大部位（如梁受剪力较大部位、悬挑构件悬臂根部等）应布置测点，相邻两 测点的间距不应小于 300 mm，且不应大于 2 m，测点距构件边缘不应小于 150 mm，且不应大于 500 mm；

- e) 检测面不应有装饰层、浮浆、油垢;
- f) 测点应避开接缝、蜂窝、麻面部位,同时避开对检测结果有影响的钢筋、预埋件,保证破坏面 无外露钢筋及预埋件。

6.2 钻孔

在钻孔过程中,钻头应始终与混凝土表面保持垂直,成孔尺寸应符合下列规定:

- a) 钻孔直径应为 (27 ± 1) mm;
- b) 钻孔深度应为 (45 ± 5) mm。

6.3 清孔与锚固

6.3.1 钻孔完毕后,应清除孔内粉尘。当采用金刚石薄壁空心钻钻孔时,应使孔壁清洁、干燥。

6.3.2 将锚固件的螺杆拧入定位圆盘注胶器后放入检测孔中,使锚固件的锚固深度为 (30 ± 0.5) mm,用快硬材料将后锚固连接件紧密粘贴在待检测混凝土表面,封闭后锚固连接件外露螺杆,从注胶孔向锚固件与混凝土的空隙中注胶,锚固胶从持压漏斗中溢出时,停止注胶,封堵注胶孔。

6.3.3 待锚固胶固化后,将定位圆盘注胶器从锚固件上拧下,检查记录锚固胶饱满状况。

6.4 拔出检测

6.4.1 测力系统与锚固件用拉杆连接,施加拔出力应连续均匀,其速度控制在 $(0.5 \sim 1.0)$ kN/s,加力 至混凝土破坏、测力仪读数不再增加为止,记录拔出力值,精确至 0.1 kN。

6.4.2 后锚固法检测后混凝土破坏面应为完整锥形断面,当后锚固法检测出现下列异常情况之一时,应作详细记录,并将该值舍去。查明出现异常的原因,排除不利影响后,在其附近补测一个测点。

- a) 锚固件拔断;
- b) 锚固件在混凝土孔内滑移或拔脱破坏;
- c) 被测构件在拔出检测过程中出现断裂;
- d) 反力支承环内的混凝土仅有小部分破损或被拔出,而大部分无损伤;
- e) 在拔出混凝土的破坏面上,有粒径超过 40 mm 的碎石、有裂缝、蜂窝、孔洞、疏松等缺陷或有泥土、砖块、煤块、钢筋、铁件等异物;
- f) 在反力支承环外出现混凝土裂缝。

6.4.3 检测过程中应采取有效措施防止测力系统或机具脱落,检测后应对混凝土破损部位进行修补。

6.5 钻芯修正

6.5.1 当对后锚固法检测结果有怀疑时,宜进行钻芯修正。

6.5.2 钻取芯样部位、加工技术要求及修正量计算等均应符合标准 DB37/T 2368 的规定。

7 测强曲线

7.1 适用条件

本文件适用于符合下列条件的混凝土抗压强度的检测:

- a) 符合普通混凝土用材料且粗骨料为碎石,粗骨料最大粒径不大于 40 mm,干密度为 $(2000 \sim 2800)$ kg/m³ 的普通混凝土;
- b) 抗压强度为 $(10 \sim 80)$ MPa;
- c) 采用普通成型工艺;

d) 自然养护或蒸气养护出池后经自然养护 7 d 以上，且混凝土表层为干燥状态。

7.2 制定专用测强曲线或通过试验进行修正

当混凝土有下列情况之一时，不得按本文件所给测强曲线计算测点混凝土抗压强度换算值，但可按本文件附录A的规定制定专用测强曲线或通过试验进行修正：

- a) 粗集料最大粒径大于 40 mm；
- b) 特种成型工艺制作；
- c) 长期处于高温、潮湿或浸水环境。

7.3 测点混凝土强度换算值

测点混凝土强度换算值可由附录B查表得出，也可按公式（1）计算：

$$f_{cu,i}^c = -0.0375T_i^2 + 4.158T_i - 21.42 \quad (1)$$

式中：

$f_{cu,i}^c$ ——第*i*个测点的混凝土强度换算值，精确至0.1 MPa；

T_i ——第*i*个测点的拔出力值，精确至0.1 kN。

8 检测数据分析处理

8.1 混凝土强度平均值、标准差及变异系数

当测点数不少于10个时，应分别按公式（2）、（3）、（4）计算构件或检测批混凝土强度换算值的平均值、标准差及变异系数：

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

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

$$\delta_{f_{cu}^c} = \frac{s_{f_{cu}^c}}{m_{f_{cu}^c}} \quad (4)$$

式中：

$m_{f_{cu}^c}$ ——构件或检测批混凝土强度换算值的平均值，精确至 0.1 MPa；

n ——单个构件检测，取一个构件的测点数；按批抽样检测的构件，取被抽取构件测点数之和；

$s_{f_{cu}^c}$ ——构件或检测批混凝土强度换算值的标准差，精确至 0.01 MPa；

δ ——构件或检测批混凝土强度换算值的变异系数，精确至 0.01。

8.2 异常数据判断和处理

按批抽样检测，或单个构件检测测点数不少于10个时，应进行异常数据的判断和处理，异常数据的判断和处理应符合GB/T 4883的规定，详见附录D。

8.3 变异系数限值

8.3.1 按批抽样检测时，当该批构件混凝土强度变异系数应满足表 3 的要求。

表 3 检测批混凝土强度的变异系数限值

检测批混凝土强度换算值的 平均值（MPa）	≤25	>25，且≤45	>45，且≤60	>60，且≤80
变异系数	≤0.20	≤0.16	≤0.14	≤0.12

8.3.2 当不能满足上述要求时，可在分析原因的基础上采取下列措施，并在检测报告中注明：

- a) 重新划分检测批；
- b) 增加测点的数量；
- c) 若采取上述措施仍不能满足要求，或无条件采取上述措施时，可按本文件第 8.4.1 条的规定提供单个构件的检测结果。

8.4 混凝土强度推定

8.4.1 单个构件检测

单个构件混凝土强度推定值 $f_{cu,e}^c$ ，应按下列规定取值：

- a) 当构件 3 个拔出力中的最大和最小拔出力与中间值之差均不大于中间值的 15%时，取最小值对混凝土强度换算值作为该构件混凝土强度推定值 $f_{cu,e}^c$ ；
- b) 当按本文件第 6.1.5 条第 1 款加测时，加测的 2 个拔出力值和最小拔出力值一起取平均值，再与前一次的拔出力中间值比较，取较小值对应混凝土强度换算值作为该构件混凝土强度推定值

$f_{cu,e}^c$ 。

8.4.2 按批抽样检测

按批抽样检测应按下列公式计算：

- a) 按批抽样检测,检测批混凝土强度推定值应按公式（5）计算：

$$f_{cu,e}^c = m_{f_{cu}}^c - 1.645s_{f_{cu}}^c \tag{5}$$

式中：

$f_{cu,e}^c$ ——构件或检测批混凝土强度推定值，精确至0.1 MPa。

- b) 检测批的混凝土强度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。检测批混凝土具有 95 %保证率特征值的推定区间上限值和下限值可按公式（6）、（7）计算：

$$f_{cu,u}^c = m_{f_{cu}}^c - k_{0.05,u} s_{f_{cu}}^c \tag{6}$$

$$f_{cu,l}^c = m_{f_{cu}}^c - k_{0.05,l} s_{f_{cu}}^c \tag{7}$$

式中：

$f_{cu,u}^c$ ——检测批混凝土具有95%保证率特征值的推定区间上限值，精确至0.1 MPa；

$f_{cu,l}^c$ ——检测批混凝土具有95%保证率特征值的推定区间下限值，精确至0.1 MPa；

$k_{0.05,u}$ ——0.05分位数推定区间上限值系数，按检测批测点数量由附录E查得；

$k_{0.05,l}$ ——0.05分位数推定区间下限值系数，按检测批测点数量由附录E查得。

8.5 异常构件处理

8.5.1 将同一检测批中各构件测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ 与 $f_{cu,e}^c$ 对比，若 $f_{cu,e}^c - f_{cu,i}^c > 5.0$ MPa，则对应构件为异常构件。

8.5.2 对于强度换算值明显低于 $f_{cu,e}^c$ 的异常构件，应结合施工资料，考虑这些构件在结构中的分布，分析出现异常构件原因，异常构件应按单个构件评定强度，并在报告中说明。

附 录 A
(规范性)
专用测强曲线的制定方法

- A. 1.1 采用检测仪器应符合本文件第5章的各项要求。
- A. 1.2 制定专用测强曲线的混凝土试块应与需检测结构或构件在原材料（含品种、规格）、成型工艺与养护方法等方面条件相同。混凝土用水泥应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175 的要求，混凝土用砂、石应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的要求，混凝土搅拌用水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63的要求。
- A. 1.3 试块的制作和养护：
- a) 按施工常用配合比设计不少于 6 个强度等级混凝土，每一强度等级每一龄期制作 6 组混凝土，每组由 3 个边长 150 mm 立方体试块和一个至少可布置 4 个测点的拔出试件组成；
 - b) 每组拔出试件和相应的试块应采用同盘混凝土，同一龄期试件和试块宜在同一天内成型完毕；
 - c) 在成型后的第二天，将试块移至与被测结构或构件相同的硬化条件下养护，试块拆模日期与结构或构件的拆模日期相同。
- A. 1.4 拔出检测按下列规定进行：
- a) 拔出检测测点应布置在试件的浇注侧面；
 - b) 在每一拔出试件上进行 4 个浇注侧面的拔出检测，取平均值为该试件的拔出力计算值 T_m ，精确至 0.1 kN；
 - c) 同条件制作的 3 个 150 mm 立方体试块，应按 GB/T 50081 的规定，进行立方体试块抗压强度检测，得到试块的立方体抗压强度值 f_m ，精确至 0.1 MPa。
- A. 1.5 专用测强曲线的计算：
- a) 专用测强曲线的回归方程式，应按每一试块求得的拔出力值和对应的抗压强度值，采用最小二乘法原理计算；
 - b) 推荐采用的回归方程式如式（A.1）：

$$f_c = A + BT_m \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

f_c ——按拔出力值 T_m 计算所得混凝土抗压强度值；

A 、 B ——回归系数；

T_m ——试件的拔出力计算值（kN）。

- c) 回归方程的平均相对误差 δ 及相对标准差 e_r ，可按公式（A.2）、（A.3）计算：

$$\delta_r = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{c,i}}{f_{m,i}} - 1 \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{c,i}}{f_{m,i}} - 1 \right)^2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

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 %;

$f_{m,i}$ ——由第 i 个试块抗压检测得出的混凝土抗压强度值, 精确至 0.1 MPa;

$f_{c,i}$ ——对应于第 i 个试块的拔出值按 (A.1) 式计算的强度换算值, 精确至 0.1 MPa;

n ——制定回归方程式的试块数。

A.1.6 专用测强曲线应符合下列规定:

a) 平均相对误差 $\delta \leq 10.0$ %;

b) 相对标准差 $e_r \leq 12.0$ %。

当 δ 和 e_r 符合规定时, 经专家论证通过后使用。

附 录 B
(规范性) 混凝土测点强度换算表

表 B.1 混凝土测点强度换算表

拔出力 (kN)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拔出力 (kN)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拔出力 (kN)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拔出力 (kN)	混凝土强度 换算值 (MPa)
8.1	9.8	10.6	18.4	13.1	26.6	15.6	34.3
8.2	10.2	10.7	18.8	13.2	26.9	15.7	34.6
8.3	10.5	10.8	19.1	13.3	27.2	15.8	34.9
8.4	10.9	10.9	19.4	13.4	27.6	15.9	35.2
8.5	11.2	11.0	19.8	13.5	27.9	16.0	35.5
8.6	11.6	11.1	20.1	13.6	28.2	16.1	35.8
8.7	11.9	11.2	20.4	13.7	28.5	16.2	36.1
8.8	12.3	11.3	20.8	13.8	28.8	16.3	36.4
8.9	12.6	11.4	21.1	13.9	29.1	16.4	36.7
9.0	13.0	11.5	21.4	14.0	29.4	16.5	37.0
9.1	13.3	11.6	21.8	14.1	29.8	16.6	37.3
9.2	13.7	11.7	22.1	14.2	30.1	16.7	37.6
9.3	14.0	11.8	22.4	14.3	30.4	16.8	37.9
9.4	14.4	11.9	22.7	14.4	30.7	16.9	38.1
9.5	14.7	12.0	23.1	14.5	31.0	17.0	38.4
9.6	15.0	12.1	23.4	14.6	31.3	17.1	38.7
9.7	15.4	12.2	23.7	14.7	31.6	17.2	39.0
9.8	15.7	12.3	24.1	14.8	31.9	17.3	39.3
9.9	16.1	12.4	24.4	14.9	32.2	17.4	39.6
10.0	16.4	12.5	24.7	15.0	32.5	17.5	39.9
10.1	16.8	12.6	25.0	15.1	32.8	17.6	40.1
10.2	17.1	12.7	25.3	15.2	33.1	17.7	40.4
10.3	17.4	12.8	25.7	15.3	33.4	17.8	40.7
10.4	17.8	12.9	26.0	15.4	33.7	17.9	41.0
10.5	18.1	13.0	26.3	15.5	34.0	18.0	41.3

表 B.1 混凝土测点强度换算表（续）

拔出力 (kN)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拔出力 (kN)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拔出力 (kN)	混凝土强度 换算值 (MPa)	拔出力 (kN)	混凝土强度 换算值 (MPa)
18.1	41.6	21.0	49.4	23.9	56.5	26.8	63.1
18.2	41.8	21.1	49.6	24.0	56.8	26.9	63.3
18.3	42.1	21.2	49.9	24.1	57.0	27.0	63.5
18.4	42.4	21.3	50.1	24.2	57.2	27.1	63.7
18.5	42.7	21.4	50.4	24.3	57.5	27.2	63.9
18.6	42.9	21.5	50.6	24.4	57.7	27.3	64.1
18.7	43.2	21.6	50.9	24.5	57.9	27.4	64.4
18.8	43.5	21.7	51.2	24.6	58.2	27.5	64.6
18.9	43.8	21.8	51.4	24.7	58.4	27.6	64.8
19.0	44.0	21.9	51.7	24.8	58.6	27.7	65.0
19.1	44.3	22.0	51.9	24.9	58.9	27.8	65.2
19.2	44.6	22.1	52.2	25.0	59.1	27.9	65.4
19.3	44.9	22.2	52.4	25.1	59.3	28.0	65.6
19.4	45.1	22.3	52.7	25.2	59.5	28.1	65.8
19.5	45.4	22.4	52.9	25.3	59.8	28.2	66.0
19.6	45.7	22.5	53.2	25.4	60.0	28.3	66.2
19.7	45.9	22.6	53.4	25.5	60.2	28.4	66.4
19.8	46.2	22.7	53.6	25.6	60.4	28.5	66.6
19.9	46.5	22.8	53.9	25.7	60.7	28.6	66.8
20.0	46.7	22.9	54.1	25.8	60.9	28.7	67.0
20.1	47.0	23.0	54.4	25.9	61.1	28.8	67.2
20.2	47.3	23.1	54.6	26.0	61.3	28.9	67.4
20.3	47.5	23.2	54.9	26.1	61.6	29.0	67.6
20.4	47.8	23.3	55.1	26.2	61.8	29.1	67.8
20.5	48.1	23.4	55.3	26.3	62.0	29.2	68.0
20.6	48.3	23.5	55.6	26.4	62.2	29.3	68.2
20.7	48.6	23.6	55.8	26.5	62.4	29.4	68.4
20.8	48.8	23.7	56.1	26.6	62.6	29.5	68.6
20.9	49.1	23.8	56.3	26.7	62.9	29.6	68.8

表 B.1 混凝土测点强度换算表（续）

拔出力 (kN)	混凝土强度换 算值 (MPa)	拔出力 (kN)	混凝土强度换 算值 (MPa)	拔出力 (kN)	混凝土强度 换算值 (MPa)
29.7	69.0	32.5	74.1	35.3	78.6
29.8	69.2	32.6	74.3	35.4	78.8
29.9	69.4	32.7	74.4	35.6	79.1
30.0	69.6	32.8	74.6	35.7	79.2
30.1	69.8	32.9	74.8	35.8	79.4
30.2	70.0	33.0	75.0	35.9	79.5
30.3	70.1	33.1	75.1	36.0	79.7
30.4	70.3	33.2	75.3	36.1	79.8
30.5	70.5	33.3	75.5	36.2	80.0
30.6	70.7	33.4	75.6	—	—
30.7	70.9	33.5	75.8	—	—
30.8	71.1	33.6	76.0	—	—
30.9	71.3	33.7	76.1	—	—
31.0	71.4	33.8	76.3	—	—
31.1	71.6	33.9	76.4	—	—
31.2	71.8	34.0	76.6	—	—
31.3	72.0	34.1	76.8	—	—
31.4	72.2	34.2	76.9	—	—
31.5	72.3	34.3	77.1	—	—
31.6	72.5	34.4	77.2	—	—
31.7	72.7	34.5	77.4	—	—
31.8	72.9	34.6	77.6	—	—
31.9	73.1	34.7	77.7	—	—
32.0	73.2	34.8	77.9	—	—
32.1	73.4	34.9	78.0	—	—
32.2	73.6	35.0	78.2	—	—
32.3	73.8	35.1	78.3	—	—
32.4	73.9	35.2	78.5	—	—
注：表中数据在应用时不得外推；表中未列数据，可用内插法求得，精确至0.1 MPa。					

附录 C

(规范性)

异常数据判断和处理

C.1 异常数据判断

依据《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883，可采用格拉布斯准则进行异常值判断，将测点混凝土强度换算值按从小到大顺序排列 $f_{cu,1}$ 、 $f_{cu,2}$ 、……、 $f_{cu,n}$ ，按公式(C.1)、(C.2)计算统计量：

$$G_n = (f_{cu,n} - m_{f_{cu}}) / s_{f_{cu}} \quad \text{..... (C.1)}$$

$$G'_n = (m_{f_{cu}} - f_{cu,1}) / s_{f_{cu}} \quad \text{..... (C.2)}$$

式中：

G_n 、 G'_n ——格拉布斯检验统计量；

$f_{cu,1}$ ——构件或检测批混凝土强度换算值的最小值；

$f_{cu,n}$ ——构件或检测批混凝土强度换算值的最大值；

$G_{0.975}$ 、 $G_{0.995}$ ——格拉布斯检验临界值，按检测批测点数量由附录F查得。

取检出水平 α 为 5%，剔除水平 α^* 为 1%，按双侧情形检验，检出水平 α 对应临界值为 $G_{0.975}$ ，剔除水平 α^* 对应临界值为 $G_{0.995}$ 。

若 $G_n > G'_n$ ，且 $G_n > G_{0.975}$ ，则判断 $f_{cu,n}$ 为离群值，否则，判断没有离群值。

对检出的离群值 $f_{cu,n}$ ，若 $G_n > G_{0.995}$ ，则判断 $f_{cu,n}$ 为统计离群值，可考虑剔除，否则，判断未发现统计离群值， $f_{cu,n}$ 为歧离值。

若 $G'_n > G_n$ ，且 $G'_n > G_{0.975}$ ，则判断 $f_{cu,1}$ 为离群值，否则，判断没有离群值。

对检出的离群值 $f_{cu,1}$ ，若 $G'_n > G_{0.995}$ ，则判断 $f_{cu,1}$ 为统计离群值，可考虑剔除，否则，判断未发现统计离群值， $f_{cu,1}$ 为歧离值。

C.2 异常数据处理

C.2.1 若检出了一个离群值，应用相同的检出水平和相同的规则继续检验，直到不能检出离群值为止。对除去已检出离群值后余下的数值，应按本文件第8.1条重新计算强度换算值的平均值、标准差和变异系数。检出的离群值总数不宜超过样本量的5%，若检出的离群值总数超过了这个上限，对此样本应作慎重的研究和处理。

C.2.2 检出歧离值后，不得随意舍去歧离值，应尽可能寻找其技术或物理上的原因，若在技术上或物

理上找到了产生它的原因，则应剔除或修正；若未找到产生它的物理上和技术上的原因，则不得剔除或进行修正。

C.2.3 为保证结构安全，建议按下列方法处理：

- a) 高端歧离值可从样本中直接剔除；
- b) 低端歧离值在有充分理由说明其异常原因时，可以剔除；
- c) 当无充分理由说明其异常原因时，在低端歧离值邻近位置重新取样复测，根据复测结果，判断是否剔除；
- d) 保留歧离值，补充检测，增加样本数后重新检验异常值；
- e) 保留歧离值，重新划分检测批后重新检测；
- f) 歧离值剔除应由主检签字认可，并应记录剔除的理由和必要的说明。

附 录 D
(规范性)
检验批样本容量与推定区间上、下限系数

表 D.1 检验批样本容量与推定区间上、下限系数

样本容量 <i>n</i>	0.05 分位值		样本容量 <i>n</i>	0.05 分位值	
	<i>k</i> _{0.05,u} (0.05)	<i>k</i> _{0.05,l} (0.05)		<i>k</i> _{0.05,u} (0.05)	<i>k</i> _{0.05,l} (0.05)
9	0.990	3.031	38	1.289	2.141
10	1.017	2.911	39	1.293	2.133
11	1.041	2.815	40	1.297	2.125
12	1.062	2.736	41	1.300	2.118
13	1.081	2.671	42	1.304	2.111
14	1.098	2.614	43	1.308	2.105
15	1.114	2.566	44	1.311	2.098
16	1.128	2.524	45	1.314	2.092
17	1.141	2.486	46	1.317	2.086
18	1.153	2.453	47	1.321	2.081
19	1.164	2.423	48	1.324	2.075
20	1.175	2.396	49	1.327	2.070
21	1.184	2.371	50	1.329	2.065
22	1.193	2.349	60	1.354	2.022
23	1.202	2.328	70	1.374	1.990
24	1.210	2.309	80	1.390	1.964
25	1.217	2.292	90	1.403	1.944
26	1.225	2.275	100	1.414	1.927
27	1.231	2.260	110	1.424	1.912
28	1.238	2.246	120	1.433	1.899
29	1.244	2.232	130	1.441	1.888
30	1.250	2.220	140	1.448	1.879
31	1.255	2.208	150	1.454	1.870
32	1.261	2.197	160	1.459	1.862
33	1.266	2.186	170	1.465	1.855
34	1.271	2.176	180	1.469	1.849
35	1.276	2.167	190	1.474	1.843
36	1.280	2.158	200	1.478	1.837
37	1.284	2.149	——	——	——
注：当测点数量大于200时，可按测点数量为200取值。					

附 录 E
(规范性)
格拉布斯检验临界值表

表 F.1 格拉布斯检验临界值表

测点数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$	测点数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$	测点数量	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$
9	2.215	2.387	40	3.036	3.381	71	3.262	3.627
10	2.290	2.482	41	3.046	3.393	72	3.267	3.633
11	2.355	2.564	42	3.057	3.404	73	3.272	3.638
12	2.412	2.636	43	3.067	3.415	74	3.278	3.643
13	2.462	2.699	44	3.075	3.425	75	3.282	3.648
14	2.507	2.755	45	3.085	3.435	76	3.287	3.654
15	2.549	2.806	46	3.094	3.445	77	3.291	3.658
16	2.585	2.852	47	3.103	3.455	78	3.297	3.663
17	2.620	2.894	48	3.111	3.464	79	3.301	3.669
18	2.651	2.932	49	3.120	3.474	80	3.305	3.673
19	2.681	2.968	50	3.128	3.483	81	3.309	3.677
20	2.709	3.001	51	3.136	3.491	82	3.315	3.682
21	2.733	3.031	52	3.143	3.500	83	3.319	3.687
22	2.758	3.060	53	3.151	3.507	84	3.323	3.691
23	2.781	3.087	54	3.158	3.516	85	3.327	3.695
24	2.802	3.112	55	3.166	3.524	86	3.331	3.699
25	2.822	3.135	56	3.172	3.531	87	3.335	3.704
26	2.841	3.157	57	3.180	3.539	88	3.339	3.708
27	2.859	3.178	58	3.186	3.546	89	3.343	3.712
28	2.876	3.199	59	3.193	3.553	90	3.347	3.716
29	2.893	3.218	60	3.199	3.560	91	3.350	3.720
30	2.908	3.236	61	3.205	3.566	92	3.355	3.725
31	2.924	3.253	62	3.212	3.573	93	3.358	3.728
32	2.938	3.270	63	3.218	3.579	94	3.362	3.732
33	2.952	3.286	64	3.224	3.586	95	3.365	3.736
34	2.965	3.301	65	3.230	3.592	96	3.369	3.739
35	2.979	3.316	66	3.235	3.598	97	3.372	3.744
36	2.991	3.330	67	3.241	3.605	98	3.377	3.747
37	3.003	3.343	68	3.246	3.610	99	3.380	3.750
38	3.014	3.356	69	3.252	3.617	100	3.383	3.754
39	3.025	3.369	70	3.257	3.622	——	——	——
注：当测点数量大于100时，可按测点数量为100取值。								

参 考 文 献

- [1] GB 50010—2010（2015年版） 混凝土结构设计规范
 - [2] GB 50107—2010 混凝土强度检验评定标准
 - [3] GB 50204—2015 混凝土结构工程施工质量验收规范
 - [4] GB 50300—2013 建筑工程施工质量验收统一标准
 - [5] GB/T 22314—2008 塑料 环氧树脂 黏度测定方法
 - [6] GB/T 2567—2021 树脂浇铸体性能试验方法
 - [7] GB/T 2828.1—2012 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划
 - [8] GB/T 3361—1982 数据的统计处理和解释 在成对观测值情形下两个均值的比较
 - [9] GB/T 4885—2009 正态分布完全样本可靠度单侧置信下限
 - [10] GB/T 50344—2019 建筑结构检测技术标准
 - [11] JGJ/T 208—2010 后锚固法检测混凝土抗压强度技术规程
-