

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB 37/T 2365—20**

代替 DB 37/T 2365—2013

后装拔出法检测混凝土抗压强度技术规程

Technical specification for inspection of concrete compressive strength by
post-install pull-out 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 拔出法检测仪器 2

 5.1 技术要求 2

 5.2 拔出仪 4

 5.3 钻孔机 4

 5.4 磨槽机 5

 5.5 锚固件 5

6 检测技术 5

 6.1 一般规定 5

 6.2 钻孔与磨槽 6

 6.3 拔出检测 6

 6.4 异常现象及处理 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 7

 7.3 圆环式拔出仪测强曲线 7

 7.4 三点式拔出仪测强曲线 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 8

 8.4 混凝土强度推定 9

 8.5 异常构件处理 9

附录 A（规范性） 专用测强曲线的制定方法 11

附录 B（规范性） 圆环式测点混凝土强度换算表 13

附录 C（规范性） 三点式测点混凝土强度换算表 16

附录 D（规范性） 异常数据判断和处理 18

附录 E（规范性） 检验批样本容量与推定区间上、下限系数 20

附录 F（规范性） 格拉布斯检验临界值表 21

参考文献 22

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 2365—2013《后装拔出法检测混凝土抗压强度技术规程》，与DB37/T 2365—2013相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了术语中工程质量检测（见2013年版的3.7）、结构性能检测（见2013年版的3.8）、复检（见2013年版的3.9）、重新检测（见2013年版的3.11）；
- b) 增加了收集资料中混凝土搅拌单位（见6.1.1）；
- c) 更改了检测前仪器设备检查内容（见6.1.2，2013年版的6.1.2）；
- d) 修改表2中注1、注2、注3的内容（见6.1.4表2，2013年版的6.1.4表2）；
- e) 增加了测点距构件边缘最大距离要求（见6.1.5）；
- f) 删除了6.6注意事项，将相关内容放入引言中(见引言，2013年版的6.6)； g) 更改了按批抽样检测变异系数限值（见8.3.2表3，2013年版的8.3.2表3）； h) 删除异常构件重新组批要求（见8.5.2，2013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：

——DBJ 14—BG6—99、DBJ 14—028—2004、DB37/T 2365—2013

引 言

为规范山东地区后装拔出法检测混凝土抗压强度的方法，保证检测精度，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，编制出本文件。

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。采用后装拔出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。

后装拔出法检测混凝土抗压强度技术规程

1 范围

本文件规定了后装拔出法检测混凝土抗压强度的术语、定义、后装拔出试验装置技术要求、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装拔出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/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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

后装拔出法 **post-install pull-out method**

采用拔出装置，通过检测混凝土的后装拔出力值来推定混凝土抗压强度的方法。

3.2

圆环式后装拔出装置 **device of post-install pull-out method with reaction ring**

反力支撑装置为圆环支撑式的后装拔出试验装置。

3.3

三点式后装拔出装置 **device of post-install pull-out method with three-point reaction**

反力支撑装置为三点支撑式的后装拔出试验装置。

3.4

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。

3.5

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。

3.6

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。

3.7

补充检测 additional test

为补充已获得的数据所实施的现场检测。

3.8

推定区间 interval estimation

由样本数量、置信水平和分位值确定的混凝土强度推定值的置信区间。

3.9

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。

3.10

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*个试块的拔出力按回归方程计算的强度换算值。

$f_{cu,e}^c$: 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*个试块抗压试验得出的混凝土抗压强度值。

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。

$k_{0.05,l}$: 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。

ϕ : 回归方程式的强度平均相对误差。

5 拔出法检测仪器

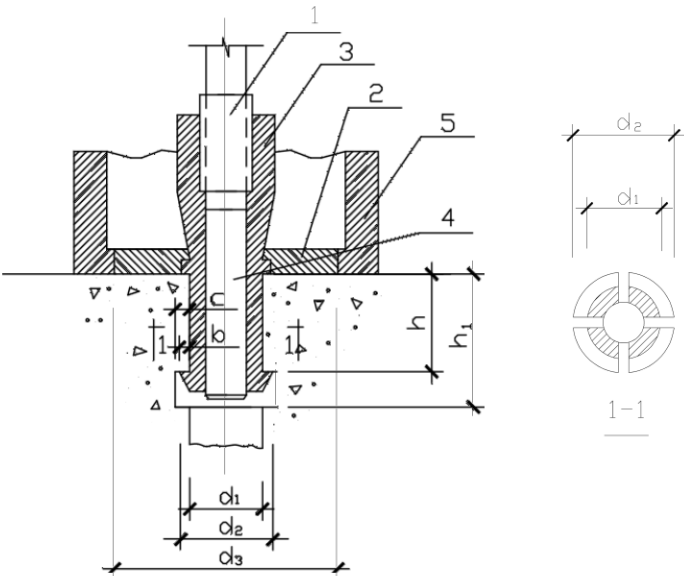
5.1 技术要求

5.1.1 拔出法检测主要仪器应由钻孔机、磨槽机、锚固件及拔出仪等组成。钻孔机、磨槽机、锚固件及拔出仪应具有产品合格证，拔出仪的计量仪表应具有法定计量机构的校准合格证。

5.1.2 拔出仪根据反力支承形式不同，分为圆环式（见图 1）和三点式（见图 2），主要技术要求见表 1。

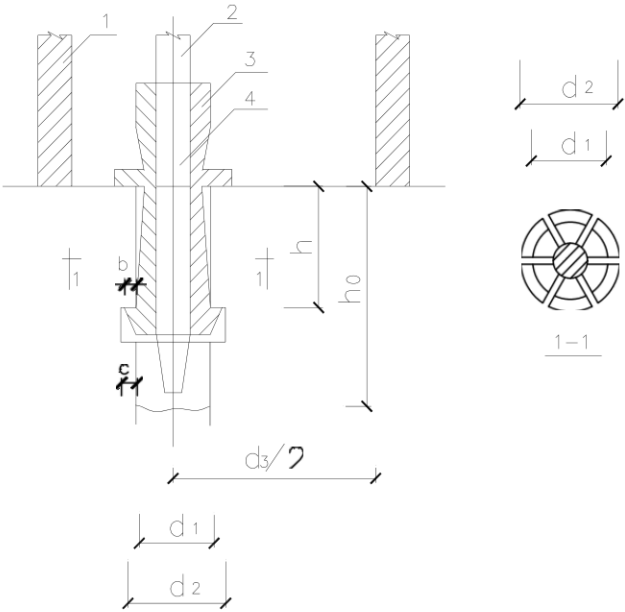
表 1 拔出仪主要技术要求

项 目	技术要求	
	圆环式	三点式
反力支承内径 d_3 mm	55 ± 1	120 ± 1
胀簧锚固台阶外径 d_2 mm	25 ± 0.1	29 ± 0.1
胀簧锚固台阶宽度 b mm	3.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1
锚固件的锚固深度 h mm	25.0 ± 0.5	35.0 ± 0.5
钻孔直径在 d_1 mm	18.5 ± 0.5	22.5 ± 0.5
环形槽深度 c mm	$3.6\sim 4.5$	$3.6\sim 4.5$
成孔深度 h_1 mm	50 ± 5	60 ± 5
工作行程 mm	≥ 4	≥ 6



- 说明：
- 1——拉杆；
 - 2——对中圆环；
 - 3——胀簧；
 - 4——胀杆；
 - 5——反力支撑。

图 1 圆环式拔出仪示意图



说明：
1——反力支承；
2——拉杆；
3——胀簧；
4——胀杆。

图 2 三点式拔出仪示意图

5.2 拔出仪

拔出仪由加荷装置、测力系统及反力支承三部分组成。

5.2.1 拔出仪技术性能

技术性能包括：

- a) 试件破坏荷载应大于测力系统全量程的 20 %且小于测力系统全量程的 80 %；
- b) 示值相对误差应不大于 $\pm 2\%$ ；
- c) 测力系统应具有峰值保持功能。

5.2.2 拔出仪校准

当遇有下列情况之一时，拔出仪应进行校准：

- 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。

5.3 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有水冷却装置。钻孔机应有控制垂直度及深度的装置。

5.4 磨槽机

磨槽机由电钻、金刚石磨头、定位圆盘及水冷却装置组成。为保证胀簧锚固台阶外径，应经常检查 金刚石磨头的外径，及时更换磨头。

5.5 锚固件

锚固件由胀簧和胀杆组成。

6 检测技术

6.1 一般规定

6.1.1 检测前宜收集的资料

资料宜包括：

- 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) 水泥品种、出厂日期及强度、安定性检验报告，砂石品种、粗骨料最大粒径以及混凝土配合比 情况等；
- 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施工日期；
- 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，检查钻孔机、磨槽机、拔出仪满足工作正常状态，拔出仪校准合格并在有效期内，钻头、磨头、锚固件的规格尺寸满足成孔尺寸要求。

6.1.3 检测方式选择

6.1.3.1 检测结构或构件混凝土强度可采用两种方式：

- 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的规定。

表 2 检测批最小样本容量

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

表 2 检测批最小样本容量（续）

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
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，采取加来检测的情况。 注 4：无特别说明时，样本单位为构件。							

6.1.5 测点布置的规定

构件的测点应符合下列要求：

- a) 单个构件检测时，应在构件上至少均匀布置 3 个测点，当最大拔出力或最小拔出力与中间值之差的绝对值大于中间值的 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 15 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、油垢；
- f) 测点应避开接缝、蜂窝、麻面部位和混凝土表层的钢筋、预埋件，保证破坏面无外露钢筋。

6.1.6 其它规定

构件的测点宜标有明显的编号，必要时应在记录纸上描绘测点布置示意图。

6.2 钻孔与磨槽

- 6.2.1 在钻孔过程中，钻头应始终与混凝土检测面保持垂直，垂直度偏差不应大于 3°。
- 6.2.2 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。成孔尺寸应满足表 1 要求。

6.3 拔出检测

检测包括：

- a) 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，保证锚固可靠；
- b) 拔出仪与锚固件用拉杆连接对中，并与混凝土检测面垂直。圆环式反力支撑应有对中圆环，保证拉杆从支撑圆环的圆心通过；三点式反力支撑应保证拉杆从三支撑点的重心通过；
- c) 施加拔出力应连续均匀，速度应控制在（0.5~1.0）kN/s；

- d) 施加拔出力至混凝土破坏、测力仪读数不再增加为止，记录极限拔出力值，精确至 0.1 kN；
- e) 检测过程中应采取有效措施防止拔出仪及机具脱落，检测后应对混凝土破损部位进行修补。

6.4 异常现象及处理

当拔出检测过程中出现下列异常现象时，应作详细记录，并将该值舍去，在其附近补测一个测点。

- a) 锚固件在成型孔内滑移或断裂；
- b) 反力支承内的混凝土仅有小部分破损或被拔出，而大部分无损伤；
- c) 在混凝土的破坏面上，有粒径大于 40 mm 的碎石；有裂缝、蜂窝、孔洞、疏松等缺陷；有泥土、砖块、钢筋、铁件等异物；
- d) 圆环式支承，试验后在混凝土表面上无完整的环形压痕；
- e) 在圆环式支承环外出现混凝土裂缝。

6.5 钻芯修正

- 6.5.1 当对后装拔出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 DB37/T 2368 的规定。

7 测强曲线

7.1 适用条件

本文件测强曲线适用于符合下列条件的混凝土强度的检测：

- a) 粗骨料为碎石，干密度为（2000～2800）kg/m³ 的普通混凝土；
- b) 检测部位混凝土表层与内部质量应一致；
- c) 采用符合 GB 50204 规定的钢模、木模及其它材料制作的模板；
- 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；
- e) 龄期 14 d 以上；
- f) 抗压强度为（10.0～70.0）MPa。

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 圆环式拔出仪测强曲线

采用圆环式拔出仪检测，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：

$$f_{cu,i}^c = 2.3066T_i^{0.8265} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

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

T_i ——第*i*个测点的拔出力值，精确至0.1 kN。

7.4 三点式拔出仪测强曲线

采用三点式拔出仪检测，混凝土强度换算值可由附录C查表得出，也可按公式（2）计算：

f_{cu,i}^c = 2.3815T_i - 4.129..... (2)

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（3）、（4）、（5）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} (3)

s_{f_{cu}^c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n(m_{f_{cu}^c})^2}{n-1}} (4)

\delta_{f_{cu}^c} = \frac{s_{f_{cu}^c}}{m_{f_{cu}^c}} (5)

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。
- \delta——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

检测批混凝土强度的平均值（MPa）	≤25.0	>25.0，且≤45.0	>45.0，且≤60.0	>60.0，且≤80.0
变异系数	≤0.20	≤0.16	≤0.14	≤0.12

8.3.2 当不能满足表 3 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) 分析施工条件及检测结果，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 8.4.1 条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, 取最小值对应混凝土强度换算值作为该构件混凝土强度推定值 $f_{cu,i}^c$;
- b) 当按本文件第 6.1.5 条第 a) 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

8.4.2.1 按批抽样检测, 检测批混凝土强度推定值应按公式 (6) 计算:

$$f_{cu,e}^c = m_{f_{cu}}^c - 1.645s_{f_{cu}}^c \quad \dots\dots\dots (6)$$

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。

8.4.2.2 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 (7)、(8) 计算:

$$f_{cu,u}^c = m_{f_{cu}}^c - k_{0.05,u} s_{f_{cu}}^c \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$f_{cu,l}^c = m_{f_{cu}}^c - k_{0.05,l} s_{f_{cu}}^c \quad \dots\dots\dots (8)$$

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 $f_{cu,e}^c - f_{cu,i}^c > 5.0 \text{ MPa}$, 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 采用拔出试验装置应符合本文件第4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欲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GB 175的要求，混凝土用砂、石应符合JGJ 52的要求，混凝土搅拌用水应符合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 5 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 拔出试验按下列规定进行：

- a) 拔出试验测点应布置在试件的浇注侧面；
- b) 在每一拔出试件的浇注侧面上选择 4 个点进行拔出试验，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试验，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下：

$$f_c = A + BT_m \quad \text{或} \quad f_c = AR_m^B \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

A 、 B ——回归系数。

- c) 回归方程的相对标准误差 e_r 及平均相对误差 δ 可按公式 (A.2)、(A.3) 计算：

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

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

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 个试块抗压试验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 个试块的拔出力值按 (A.1) 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 专用测强曲线的强度误差应符合下列规定：

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。

B B

附 录 B
(规范性)
圆环式测点混凝土强度换算表

表 B.1 圆环式测点混凝土强度换算表

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)
5.9	10.0	10.8	16.5	15.8	22.6	20.8	28.3
6.0	10.1	11.0	16.7	16.0	22.8	21.0	28.6
6.2	10.4	11.2	17.0	16.2	23.0	21.2	28.8
6.4	10.7	11.4	17.2	16.4	23.3	21.4	29.0
6.6	11.0	11.6	17.5	16.6	23.5	21.6	29.2
6.8	11.2	11.8	17.7	16.8	23.8	21.8	29.5
7.0	11.5	12.0	18.0	17.0	24.0	22.0	29.7
7.2	11.8	12.2	18.2	17.2	24.2	22.2	29.9
7.4	12.1	12.4	18.5	17.4	24.5	22.4	30.1
7.6	12.3	12.6	18.7	17.6	24.7	22.6	30.3
7.8	12.6	12.8	19.0	17.8	24.9	22.8	30.6
8.0	12.9	13.0	19.2	18.0	25.1	23.0	30.8
8.2	13.1	13.2	19.5	18.2	25.4	23.2	31.0
8.4	13.4	13.4	19.7	18.4	25.6	23.4	31.2
8.6	13.7	13.6	19.9	18.6	25.8	23.6	31.5
8.8	13.9	13.8	20.2	18.8	26.1	23.8	31.7
9.0	14.2	14.0	20.4	19.0	26.3	24.0	31.9
9.2	14.4	14.2	20.7	19.2	26.5	24.2	32.1
9.4	14.7	14.4	20.9	19.4	26.8	24.4	32.3
9.6	15.0	14.6	21.1	19.6	27.0	24.6	32.6
9.8	15.2	14.8	21.4	19.8	27.2	24.8	32.8
10.0	15.5	15.0	21.6	20.0	27.4	25.0	33.0
10.2	15.7	15.2	21.9	20.2	27.7	25.2	33.2
10.4	16.0	15.4	22.1	20.4	27.9	25.4	33.4
10.6	16.2	15.6	22.3	20.6	28.1	25.6	33.6

表 B.1 圆环式测点混凝土强度换算表（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)
25.8	33.9	31.8	40.2	37.8	46.4	43.8	52.4
26.0	34.1	32.0	40.5	38.0	46.6	44.0	52.6
26.2	34.3	32.2	40.7	38.2	46.8	44.2	52.8
26.4	34.5	32.4	40.9	38.4	47.0	44.4	53.0
26.6	34.7	32.6	41.1	38.6	47.2	44.6	53.2
26.8	34.9	32.8	41.3	38.8	47.4	44.8	53.4
27.0	35.2	33.0	41.5	39.0	47.6	45.0	53.6
27.2	35.4	33.2	41.7	39.2	47.8	45.2	53.8
27.4	35.6	33.4	41.9	39.4	48.0	45.4	54.0
27.6	35.8	33.6	42.1	39.6	48.2	45.6	54.2
27.8	36.0	33.8	42.3	39.8	48.4	45.8	54.4
28.0	36.2	34.0	42.5	40.0	48.6	46.0	54.6
28.2	36.4	34.2	42.7	40.2	48.9	46.2	54.8
28.4	36.7	34.4	42.9	40.4	49.1	46.4	55.0
28.6	36.9	34.6	43.2	40.6	49.3	46.6	55.2
28.8	37.1	34.8	43.4	40.8	49.5	46.8	55.4
29.0	37.3	35.0	43.6	41.0	49.7	47.0	55.6
29.2	37.5	35.2	43.8	41.2	49.9	47.2	55.8
29.4	37.7	35.4	44.0	41.4	50.1	47.4	56.0
29.6	37.9	35.6	44.2	41.6	50.3	47.6	56.2
29.8	38.1	35.8	44.4	41.8	50.5	47.8	56.4
30.0	38.4	36.0	44.6	42.0	50.7	48.0	56.6
30.2	38.6	36.2	44.8	42.2	50.9	48.2	56.8
30.4	38.8	36.4	45.0	42.4	51.0	48.4	57.0
30.6	39.0	36.6	45.2	42.6	51.2	48.6	57.1
30.8	39.2	36.8	45.4	42.8	51.4	48.8	57.3
31.0	39.4	37.0	45.6	43.0	51.6	49.0	57.5
31.2	39.6	37.2	45.8	43.2	51.8	49.2	57.7
31.4	39.8	37.4	46.0	43.4	52.0	49.4	57.9
31.6	40.0	37.6	46.2	43.6	52.2	49.6	58.1

表 B.1 圆环式测点混凝土强度换算表（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)
49.8	58.3	55.4	63.7	61.0	69.0
50.0	58.5	55.6	63.9	61.2	69.1
50.2	58.7	55.8	64.1	61.4	69.3
50.4	58.9	56.0	64.2	61.6	69.5
50.6	59.1	56.2	64.4	61.8	69.7
50.8	59.3	56.4	64.6	62.0	69.9
51.0	59.5	56.6	64.8	62.1	70.0
51.2	59.7	56.8	65.0	—	—
51.4	59.9	57.0	65.2	—	—
51.6	60.0	57.2	65.4	—	—
51.8	60.2	57.4	65.6	—	—
52.0	60.4	57.6	65.8	—	—
52.2	60.6	57.8	65.9	—	—
52.4	60.8	58.0	66.1	—	—
52.6	61.0	58.2	66.3	—	—
52.8	61.2	58.4	66.5	—	—
53.0	61.4	58.6	66.7	—	—
53.2	61.6	58.8	66.9	—	—
53.4	61.8	59.0	67.1	—	—
53.6	62.0	59.2	67.3	—	—
53.8	62.2	59.4	67.5	—	—
54.0	62.3	59.6	67.6	—	—
54.2	62.5	59.8	67.8	—	—
54.4	62.7	60.0	68.0	—	—
54.6	62.9	60.2	68.2	—	—
54.8	63.1	60.4	68.4	—	—
55.0	63.3	60.6	68.6	—	—
55.2	63.5	60.8	68.8	—	—

附 录 C

(规范性)

三点式测点混凝土强度换算表

表 C.1 三点式测点混凝土强度换算表

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)
6.0	10.2	11.2	22.5	16.4	34.9	21.6	47.3
6.2	10.6	11.4	23.0	16.6	35.4	21.8	47.8
6.4	11.1	11.6	23.5	16.8	35.9	22.0	48.3
6.6	11.6	11.8	24.0	17.0	36.4	22.2	48.7
6.8	12.1	12.0	24.4	17.2	36.8	22.4	49.2
7.0	12.5	12.2	24.9	17.4	37.3	22.6	49.7
7.2	13.0	12.4	25.4	17.6	37.8	22.8	50.2
7.4	13.5	12.6	25.9	17.8	38.3	23.0	50.6
7.6	14.0	12.8	26.4	18.0	38.7	23.2	51.1
7.8	14.4	13.0	26.8	18.2	39.2	23.4	51.6
8.0	14.9	13.2	27.3	18.4	39.7	23.6	52.1
8.2	15.4	13.4	27.8	18.6	40.2	23.8	52.6
8.4	15.9	13.6	28.3	18.8	40.6	24.0	53.0
8.6	16.4	13.8	28.7	19.0	41.1	24.2	53.5
8.8	16.8	14.0	29.2	19.2	41.6	24.4	54.0
9.0	17.3	14.2	29.7	19.4	42.1	24.6	54.5
9.2	17.8	14.4	30.2	19.6	42.5	24.8	54.9
9.4	18.3	14.6	30.6	19.8	43.0	25.0	55.4
9.6	18.7	14.8	31.1	20.0	43.5	25.2	55.9
9.8	19.2	15.0	31.6	20.2	44.0	25.4	56.4
10.0	19.7	15.2	32.1	20.4	44.5	25.6	56.8
10.2	20.2	15.4	32.5	20.6	44.9	25.8	57.3
10.4	20.6	15.6	33.0	20.8	45.4	26.0	57.8
10.6	21.1	15.8	33.5	21.0	45.9	26.2	58.3
10.8	21.6	16.0	34.0	21.2	46.4	26.4	58.7
11.0	22.1	16.2	34.5	21.4	46.8	26.6	59.2

表 C.1 三点式测点混凝土强度换算表（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)
26.8	59.7	28.0	62.6	29.2	65.4	30.4	68.3
27.0	60.2	28.2	63.0	29.4	65.9	30.6	68.7
27.2	60.6	28.4	63.5	29.6	66.4	30.8	69.2
27.4	61.1	28.6	64.0	29.8	66.8	31.0	69.7
27.6	61.6	28.8	64.5	30.0	67.3	31.1	69.9
27.8	62.1	29.0	64.9	30.2	67.8	—	—
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，精确到 0.1MPa。							

D D

附 录 D

(规范性)

异常数据判断和处理

E

D.1 异常数据判断

依据《数据的统计处理 and 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，将检测批混凝土强度换算值按从小到大顺序排列 $f_{cu,1}$ 、 $f_{cu,2}$ 、……、 $f_{cu,n}$ ，计算统计量：

$$G_n = (f_{cu,n} - m_{f_{cu}}) / s_{f_{cu}} \dots\dots\dots (D.1)$$

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

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最小值；

$f_{cu,n}$ ——构件或检测批混凝土强度换算值最大值；

$G_{0.975}$ 、 $G_{0.995}$ ——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 $G_n > G_{0.975}$ ，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 $G'_n > G_{0.975}$ ，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。

D.2 异常数据处理

若检出了一个离群值，应用相同的检出水平和相同的规则，对除去已检出离群值后余下的数值继续检验，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7.1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。

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。

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 E
(规范性)
检验批样本容量与推定区间上、下限系数

g

表 E.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。					

J F

附 录 F
(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 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
 - [6] 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
 - [7] GB/T 4885—2009 正态分布完全样本可靠度单侧置信下限
 - [8] GB/T 50344—2019 建筑结构检测技术标准
 - [9] GB/T 50784—2013 混凝土结构现场检测技术标准
 - [10] CECS 69:2011 拔出法检测混凝土强度技术规程
-