

UDC

中华人民共和国行业标准



JGJ/T 378 - 2016

备案号 J 2271 - 2016

P

拉脱法检测混凝土抗压强度技术规程

Technical specification for inspection of concrete
compressive strength by pulled off method

2016 - 08 - 08 发布

2017 - 02 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

拉脱法检测混凝土抗压强度技术规程

Technical specification for inspection of concrete
compressive strength by pulled off method

JGJ/T 378 - 2016

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 7 年 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

2016 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 1223 号

住房和城乡建设部关于发布行业标准 《拉脱法检测混凝土抗压强度技术规程》的公告

现批准《拉脱法检测混凝土抗压强度技术规程》为行业标准，编号为 JGJ/T 378-2016，自 2017 年 2 月 1 日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2016 年 8 月 8 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2013 年工程建设标准规范制订修订计划〉的通知》（建标〔2013〕6 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 检测装置；4 试件及试验；5 数值测量及计算；6 抗压强度换算与推定。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由建研科技股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送建研科技股份有限公司（地址：北京北三环东路 30 号，邮编：100013）。

本 规 程 主 编 单 位：建研科技股份有限公司

天颂建设集团有限公司

本 规 程 参 编 单 位：廊坊市阳光建设工程质量检测有限公司

上海同纳建设工程质量检测有限公司

广西建筑科学研究设计院

中铁二十四局集团浙江工程有限公司

山东省公路桥梁检测中心

山西省建筑科学研究院

交通运输部公路科学研究院

辽宁省建设科学研究院

上海建工材料工程有限公司

满洲里市建设工程质量检测中心

中国铁道科学研究院铁道建筑研究所
中建二局第三建筑工程有限公司
台州建设工程机械厂
杭州市萧山区建设工程质量监督站
广东省建筑科学研究院
建研建硕（北京）科技发展有限公司
中国建筑科学研究院深圳分院
北京东方建宇混凝土科学技术研究院
云南云岭高速公路工程咨询有限公司
深圳中建院建筑科技有限公司

本规程主要起草人员：朱跃武 邱 平 韩春雷 郝克耕
李为杜 李杰成 施新荣 李焕林
李 军 赵 强 郭 庆 何玉珊
葛树奎 周 峰 朱敏涛 严青荣
刘艳荣 楼拥军 王月华 李 军
王云贵 郑 平 王海民 周茂清
孙海峰 杨建中 何春凯 王安岭
谢永江 李志坚 温树林 石 永
朱丽颖 王大勇

本规程主要审查人员：艾永祥 张仁瑜 王存贵 王桂玲
张元勃 钱选青 杨铁荣 遇平静
贺贤娟 东 雪 周聚光

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	检测装置	4
3.1	技术要求	4
3.2	校准与保养	4
4	试件及试验	6
4.1	拉脱测点的布置及试件钻制	6
4.2	拉脱试验	7
5	数值测量及计算	8
5.1	一般规定	8
5.2	测量与数值计算	8
6	抗压强度换算与推定	10
6.1	强度换算	10
6.2	抗压强度推定	11
附录 A	拉脱仪测力系统校准	13
附录 B	拉脱法测定混凝土抗压强度曲线的验证方法	14
附录 C	拉脱法检测记录表	15
附录 D	专用或地区混凝土抗压强度曲线的基本要求	16
附录 E	测点混凝土抗压强度换算表	19
	本规程用词说明	20
	引用标准名录	21
附：	条文说明	23

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Detecting Device	4
3.1	Technical Requirements	4
3.2	Calibration and Maintenance	4
4	Sample and Tests	6
4.1	Testing Point Layout of Pulled Off and Sample Drilling Make	6
4.2	Pulled off Testing	7
5	Testing and Calculation of Values	8
5.1	General Requirements	8
5.2	Testing and Value Calculation	8
6	Compressive Strength Testing and Estimation	10
6.1	Strength Conversion	10
6.2	Compressive Estimation	11
Appendix A	Calibration of Pulled Off Instrument	13
Appendix B	Verification of Concrete Strength Curve Tested by Pulled Off Method	14
Appendix C	Record Table of Testing by Pulled Off Method	15
Appendix D	Special or Regional Basic Requirements of Concrete Compressive Strength Curve	16
Appendix E	Conversion Table of Concrete Compressive Strength for Testing Point	19

Explanation of Wording in This Specification	20
List of Quoted Standards	21
Addition; Explanation of Provisions	23

1 总 则

1.0.1 为规范拉脱法检测混凝土抗压强度技术的应用，保证检测精度和检测结果的准确性，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于结构构件 $10.0\text{MPa}\sim 100.0\text{MPa}$ 混凝土抗压强度的检测，不适用于纤维混凝土的强度检测。

1.0.3 拉脱法检测混凝土抗压强度除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

最新标准首发Q群: 141160466

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 拉脱法 pulled off method

在已硬化的混凝土结构构件上，钻制直径 44mm、深度 44mm 芯样试件，用具有自动夹紧试件的装置进行拉脱试验，根据芯样试件的拉脱强度值推定混凝土抗压强度的方法。

2.1.2 测点 testing point

构件上一个拉脱数值的检测点。

2.1.3 检测批 inspection lot

同一检测项目中、混凝土强度等级相同、质量要求和生产工艺等基本相同，且由一定数量的构件构成。

2.1.4 抽样检测 sampling inspection

按规定的抽样方案从检测批中抽取一定数量样本进行检测的方法。

2.1.5 测点混凝土强度换算值 conversion value of concrete compressive of testing point

由测点的拉脱强度值经测强曲线换算或测点强度换算表得到检测龄期的混凝土抗压强度值。

2.1.6 混凝土抗压强度推定值 estimation value of concrete compressive

按检测批抽样检测，相应于强度换算值总体分布中保证率为 95% 的构件中的检测龄期混凝土强度值。

2.2 符 号

A_i ——第 i 个拉脱试件截面面积；

D_1, D_2 ——第 i 个拉脱试件互为垂直的两个方向直径；

- $D_{m,i}$ ——第 i 个拉脱试件平均直径；
 F_i ——第 i 个拉脱试件测得的最大拉脱力；
 $f_{p,i}$ ——第 i 个测点试件拉脱强度值；
 $f_{p,m,i}$ ——第 i 个构件拉脱试件强度平均值；
 $f_{cu,r,i}^c$ ——第 i 个构件拉脱强度换算的混凝土立方体抗压强度代表值；
 $f_{cu,i}^c$ ——第 i 个测点换算的混凝土立方体抗压强度值；
 $f_{cu,e}$ ——结构构件混凝土抗压强度推定值；
 $f_{cu,i}$ ——第 i 组混凝土立方体试件的抗压强度；
 $m_{f_{cu}^c}$ ——结构构件测点混凝土强度换算值的平均值；
 $s_{f_{cu}^c}$ ——结构构件测点混凝土强度换算值的标准差。

3 检测装置

3.1 技术要求

3.1.1 拉脱法检测装置应由钻芯机、金刚石钻磨头、拉脱仪组成。

3.1.2 钻芯机应符合下列规定：

1 应具有足够的刚度、操作灵活、固定和移动方便，并应有水冷却系统；

2 应配置漏电保护装置、深度标尺、底盘设置锚固孔和试件定位框；

3 齿轮箱应采用耐高温润滑脂。

3.1.3 金刚石钻磨头应符合下列规定：

1 内径应为 $44_{-0.4}^{+0}$ mm；

2 宜设有钻取深度为 44mm 的磨平支撑面的定位装置。

3.1.4 拉脱仪应符合下列规定：

1 应具有对试件自动调节径向夹紧力的功能；

2 应由传感器和具有实时显示、超载显示及峰值保持功能的荷载表组成；

3 荷载表的分辨率或最小示值宜为 1N，满量程测试误差不得大于 1.0%；

4 拉脱仪使用时的环境温度宜为 $-10^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ 。

3.2 校准与保养

3.2.1 钻制拉脱试件及测量的主要设备与仪器均应有产品合格证、校准证书，并在有效期内使用。

3.2.2 拉脱仪应定期按本规程附录 A 的规定校准，周期不宜超过一年。当拉脱仪有下列情况之一时，应进行校准：

- 1 新拉脱仪启用前；
- 2 超过检定有效期限；
- 3 拉脱仪出现工作异常；
- 4 拉脱仪累计使用 3000 次；
- 5 遭受严重撞击或其他损害。

3.2.3 拉脱仪使用完毕应关闭电源、清洁干净后装箱并应存放在阴凉干燥处。

4 试件及试验

4.1 拉脱测点的布置及试件钻制

4.1.1 结构构件的测点布置应符合下列规定：

1 拉脱测点宜选结构构件混凝土浇筑方向的侧面，相邻拉脱测点的间距不应小于 300mm，距构件边缘不应小于 100mm，检测时应保持拉脱仪的轴线垂直于混凝土检测面；

2 检测面应清洁、干燥、密实，不应有接缝、施工缝并应避免蜂窝、麻面部位；

3 拉脱测点应布置在便于钻芯机安放与操作的部位。

4.1.2 拉脱试件应在结构构件的下列部位钻制：

1 结构构件受力较小的部位；

2 混凝土强度具有代表性的部位；

3 钻制时应避开钢筋、预埋件和管线。

4.1.3 混凝土强度可按单个构件或按检测批进行抽检，并应符合下列规定：

1 按单个构件检测时，应在构件上布置测点，每个构件上测点布置数量应为 3 个；

2 对铁路和公路桥梁、桥墩等大型结构构件，应布置不少于 10 个测点；

3 按检测批抽检时，构件抽样数应为 10 个～15 个，每个构件应布置不少于 1 个测点；

4 按检测批抽样检测时，同批结构构件应符合下列条件：

1) 设计混凝土强度等级应相同；

2) 混凝土原材料、配合比、施工工艺、养护条件和龄期应相同；

3) 结构构件种类应相同，施工阶段所处位置应相同；

4) 同一检测批结构构件可包括同混凝土强度等级的梁、板、柱、剪力墙。

4.1.4 钻芯机应安放平稳，固定牢固。

4.1.5 钻制时用于冷却钻头和排除混凝土碎屑的冷却水的流量宜为 3L/min~5L/min。

4.1.6 钻制时应匀速进钻并均匀施力，钻深可通过钻头安装座的调节螺栓调整磨盘的上下位置或钻机深度标尺控制。

4.1.7 钻制完毕后应切断电源、及时冲洗拉脱试件表面泥浆，并应将钻芯机擦拭干净。

4.1.8 在结构构件上进行拉脱法试验后，留下的孔洞应及时采用同强度或高一个等级的细石混凝土进行修补。

4.1.9 钻制拉脱试件操作，应遵守相关安全生产和劳动保护的规定。

4.2 拉脱试验

4.2.1 采用拉脱法检测结构混凝土强度前，应具备下列资料：

- 1 工程名称或代号及建设、设计、施工单位名称；
- 2 结构构件种类、外形尺寸及数量；
- 3 设计混凝土强度等级以及水泥品种和粗骨料粒径；
- 4 检测龄期，检测原因；
- 5 结构构件质量状况和施工过程中存在问题的记录；
- 6 有关设计文件或施工图纸。

4.2.2 拉脱试件应处自然风干状态，试验前拉脱仪应先清零，调整三爪夹头套住拉脱试件。

4.2.3 在试验过程中应连续均匀加荷，加荷速度宜控制为 130N/s~260N/s，在试件断裂时应立即读取最大拉脱力值。

4.2.4 拉脱出的试件，应用游标卡尺测量试件断裂处相互垂直位置的直径尺寸。

4.2.5 在试验中拉脱仪显示屏幕出现超载信号时应立即停止加载，复位后关闭电源。

5 数值测量及计算

5.1 一般规定

5.1.1 当无专用和地区测强曲线时，宜按本规程附录 B 规定的方法验证，相对标准差 e_r 大于本规程附录 B 第 B.0.2 条的规定时，可按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的规定进行钻芯修正。

5.2 测量与数值计算

5.2.1 单个构件检测时，记录每点最大拉脱力 F_i ，测量试件断裂处相互垂直的直径尺寸 D_1 、 D_2 ，应按本规程附录 C 的规定记录。

第 i 个拉脱试件的平均直径、截面积及强度换算值应按下列公式计算：

$$D_{m,i} = (D_1 + D_2)/2 \quad (5.2.1-1)$$

$$A_i = (\pi \times D_{m,i}^2)/4 \quad (5.2.1-2)$$

$$f_{p,i} = F_i/A_i \quad (5.2.1-3)$$

$$f_{p,m,i} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 f_{p,i} \quad (5.2.1-4)$$

$$f_{cu,r,i}^c = \alpha f_{p,m,i}^b \quad (5.2.1-5)$$

式中： D_1, D_2 ——第 i 个拉脱试件互为垂直的两个方向直径 (mm)，精确至 0.1mm；

$D_{m,i}$ ——第 i 个拉脱试件平均直径 (mm)，精确至 0.1mm；

F_i ——第 i 个拉脱试件测得的最大拉脱力 (N)，精确至 1N；

A_i ——第 i 个拉脱试件截面积 (mm^2)，精确至

0.01mm^2 ;

$f_{p,i}$ ——第 i 个测点试件拉脱强度值 (MPa), 精确至 0.001MPa ;

$f_{p,m,i}$ ——第 i 个构件拉脱试件强度平均值 (MPa), 精确至 0.001MPa ;

$f_{cu,r,i}^c$ ——第 i 个构件拉脱强度换算的混凝土立方体抗压强度代表值 (MPa), 精确至 0.1MPa ;

a 、 b ——测强曲线系数值, 应由试验数据回归确定。

5.2.2 大型结构构件按检测批抽检, 拉脱试件的平均直径、截面积及试件拉脱强度值应按本规程公式 (5.2.1-1) ~ 公式 (5.2.1-3) 计算, 第 i 个换算的混凝土抗压强度值应按下式计算:

$$f_{cu,i}^c = af_{p,i}^b \quad (5.2.2)$$

式中: $f_{p,i}$ ——第 i 个测点试件拉脱强度值 (MPa), 精确至 0.001MPa ;

$f_{cu,i}^c$ ——第 i 个测点换算的混凝土立方体抗压强度值 (MPa), 精确至 0.1MPa ;

a 、 b ——测强曲线系数值, 应由试验数据回归确定。

6 抗压强度换算与推定

6.1 强度换算

6.1.1 结构构件中第 i 个测点的混凝土抗压强度换算值，可按本规程第 5.2 节规定测得计算试件拉脱强度值 $f_{p,i}$ ，宜采用专用测强曲线或地区测强曲线换算成第 i 个测点的混凝土抗压强度值，采用专用和地方曲线制定方法，应符合本规程附录 D 的规定。

6.1.2 换算强度可按下式计算，也可采用本规程附录 E 规定的测点混凝土抗压强度换算表进行换算。

$$f_{cu,i}^c = 22.886 f_{p,i}^{0.877} \quad (6.1.2)$$

式中： $f_{cu,i}^c$ ——第 i 个测点换算的混凝土立方体抗压强度值 (MPa)，精确至 0.1MPa；

$f_{p,i}$ ——第 i 个测点试件拉脱强度值 (MPa)，精确至 0.001MPa。

6.1.3 专用测强曲线或地区测强曲线应按本规程附录 D 执行。专用或地区测强曲线的抗压强度相对标准差 e_r 、平均相对误差 δ 应符合下列规定：

1 专用测强曲线：相对标准差 e_r 不宜大于 11.0%，平均相对误差 δ 不宜大于 10.0%；

2 地区测强曲线：相对标准差 e_r 不宜大于 13.0%，平均相对误差 δ 不宜大于 11.0%；

3 回归方程的相对标准差 e_r ，平均相对误差 δ 应按下列公式计算：

$$e_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{cu,i}^c}{f_{cu,i}} - 1 \right)^2}{n-1}} \times 100\% \quad (6.1.3-1)$$

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{cu,i}^c - f_{cu,i}}{f_{cu,i}} \right| \times 100\% \quad (6.1.3-2)$$

式中: e_r ——相对标准差 (%), 精确至 0.1%;

δ ——平均相对误差 (%), 精确至 0.1%;

$f_{cu,i}^c$ ——第 i 个测点换算的混凝土立方体抗压强度值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{cu,i}$ ——第 i 组混凝土立方体试件的抗压强度 (MPa), 精确至 0.1MPa;

n ——测点数 (个)。

6.2 抗压强度推定

6.2.1 结构构件混凝土立方体抗压强度推定值 $f_{cu,e}$ 应按下列规定确定:

1 按单个构件检测, 由拉脱强度值换算的混凝土立方体抗压强度代表值 $f_{cu,r,i}^c$, 可作为构件的混凝土抗压强度推定值 $f_{cu,e}$, 并按下式确定:

$$f_{cu,e} = f_{cu,r,i}^c \quad (6.2.1-1)$$

式中: $f_{cu,e}$ ——结构构件混凝土强度推定值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{cu,r,i}^c$ ——第 i 个构件拉脱强度换算的混凝土立方体抗压强度代表值 (MPa) 精确至 0.1MPa。

2 对大型结构构件的检测, 混凝土推定强度应按下列公式计算:

$$f_{cu,e} = m_{f_{cu}}^c - 1.645s_{f_{cu}}^c \quad (6.2.1-2)$$

$$m_{f_{cu}}^c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c \quad (6.2.1-3)$$

$$s_{f_{cu}}^c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n (m_{f_{cu}}^c)^2}{n-1}} \quad (6.2.1-4)$$

式中: $f_{cu,i}^c$ ——第 i 个测点换算的混凝土立方体抗压强度值

(MPa), 精确至 0.1MPa;

$m_{f_{cu}}^c$ ——结构构件测点混凝土强度换算值的平均值
(MPa), 精确至 0.1MPa;

$s_{f_{cu}}^c$ ——结构构件测点混凝土强度换算值的标准差
(MPa), 精确至 0.01MPa;

n ——测点数 (个)。

3 按检测批抽检的混凝土推定强度, 宜按本规程公式 (6.2.1-2) ~ 公式 (6.2.1-4) 计算确定; 当计算结果略低于设计值时, 也可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 规定计算混凝土强度推定区间。

6.2.2 按检测批检测的结构构件, 当一批结构构件的测点混凝土抗压强度标准差出现下列情况之一时, 应全部按单个构件进行强度推定:

1 混凝土抗压强度平均值 $m_{f_{cu}}^c$ 小于 25.0MPa 时, 标准差 $s_{f_{cu}}^c$ 大于 4.50MPa;

2 混凝土抗压强度平均值 $m_{f_{cu}}^c$ 在 25.0MPa~50.0MPa 的范围内时, 标准差 $s_{f_{cu}}^c$ 大于 5.50MPa;

3 混凝土抗压强度平均值 $m_{f_{cu}}^c$ 大于 50.0MPa 时, 标准差 $s_{f_{cu}}^c$ 大于 6.50MPa。

附录 A 拉脱仪测力系统校准

A.0.1 拉脱仪测力系统应符合现行行业标准《工作测力仪检定规程》JJG 455 的有关规定，并应定期进行校准。

A.0.2 测力系统校准数据应按表 A.0.2 进行记录。

表 A.0.2 测力系统校准记录表

校准单位：

校准日期： 年 月 日

分级	标准仪 (N_1)	使用仪 (N_i)				绝对误差 $\epsilon = N_i - N_1$	相对误差 $\delta = (N_i - N_1)/N_1 \times 100\%$
		1	2	3	平均		
平均							

校验： 计算： 记录：

- 注：1 绝对误差 (ϵ) = 实测值 (N_i) - 标准值 (N_1)；
2 相对误差 (δ) = (实测值 - 标准值) / 标准值 $\times 100\%$ 。

附录 B 拉脱法测定混凝土抗压 强度曲线的验证方法

B.0.1 当缺少专用或地区测强曲线而采用本规程规定的测强曲线公式，宜在使用前进行验证。

B.0.2 测强曲线公式应按下列方法验证：

1 按常用配合比配制强度等级为 C10～C80，选用本地区不少于 4 个具有代表性的混凝土强度等级，每个强度等级试件不少于 6 组，制作边长为 150mm 的立方体试件，7d 浇水养护后再用自然养护；

2 检测装置应符合本规程第 3.1 节的规定；

3 按龄期为 7d、28d、60d 进行拉脱法测试和试件抗压试验；

4 根据每个试件测得的拉脱强度值，按本规程附录 E 表查出试件换算的抗压强度值 $f_{cu,i}^c$ ；

5 将试件抗压试验所得的强度值 $f_{cu,i}$ 和换算的抗压强度值 $f_{cu,i}^c$ ，按本规程公式 (6.1.3-1) 计算所得相对标准差 e_r 不大于 15.0% 时，可使用本规程规定的测强曲线公式 (6.1.2)；当相对标准差 e_r 大于 15.0% 时，应建立本地区测强曲线。

附录 C 拉脱法检测记录表

表 C 拉脱法检测记录表

第 页 共 页

试验单位:

成型日期:

编号	混凝土强度等级	配合比 (kg/m³)	龄期 (d)	拉脱试件						立方体试件抗压强度 (MPa)				备注			
				试件 编号	拉脱力 (N)	直径 1 (mm)	直径 2 (mm)	平均 直径 (mm)	面积 (mm²)	拉脱强 度值 (MPa)	平均值 (MPa)	1	2		3	平均值	
		水泥		1号													
		2号															
		3号										拉脱强 度取值	拉脱强 度换算 算值	误差 (%)			
		说明															
												1	2	3	平均值		
		水泥		1号													
		2号															
		3号											拉脱强 度取值	拉脱强 度换算 算值	误差 (%)		
		说明															

审核:

计算:

试验:

记录:

试验日期:

附录 D 专用或地区混凝土抗压 强度曲线的基本要求

D.0.1 采用钻芯机、金刚石钻磨头、拉脱仪，应符合本规程第 3.1 节的要求。

D.0.2 建立专用测强曲线或地区测强曲线时，混凝土用水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定；混凝土用砂、石应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定；混凝土拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

D.0.3 应选用本地区常用水泥、粗骨料、细骨料，按常用配合比制作混凝土强度等级为 C15、C20、C30、C40、C50、C60、C70、C80 的标准试件。

D.0.4 试件准备应符合下列规定：

1 试模应符合现行行业标准《混凝土试模》JG 237 的规定；

2 每一混凝土强度等级的试件，应采用同一盘或同一车混凝土中取出均匀装模振动成型，边长为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的立方体试件；

3 试件拆模后浇水养护 7d，然后按“品”字形堆放在不受日晒雨淋处自然养护；

4 试件的测试龄期宜分为 1d、3d、7d、14d、28d、60d、90d、180d 和 360d；

5 对同一强度等级的混凝土，应一次成型完成；

6 试件制作数量不应少于表 D.0.4 的规定。

表 D.0.4 混凝土试件制作数量

强度等级	龄期 (d)									合计
	1	3	7	14	28	60(56)	90	180	360	
C15	—	—	2 组	2 组	3 组	2 组	2 组	2 组	2 组	15 组
C20	—	—	2 组	2 组	3 组	2 组	2 组	2 组	2 组	15 组
C30	—	—	2 组	2 组	3 组	2 组	2 组	2 组	2 组	15 组
C40	—	—	2 组	2 组	3 组	2 组	2 组	2 组	2 组	15 组
C50	2 组	2 组	2 组	2 组	3 组	2 组	2 组	2 组	2 组	19 组
C60	2 组	2 组	2 组	2 组	3 组	2 组	2 组	2 组	2 组	19 组
C70	2 组	2 组	2 组	2 组	3 组	2 组	2 组	2 组	2 组	19 组
C80	2 组	2 组	2 组	2 组	3 组	2 组	2 组	2 组	2 组	19 组

注：28d 龄期 3 组，其中一组标准养护，供强度试验，另两组与其他龄期试验相同。

D.0.5 试件测试应符合下列规定：

1 到达规定龄期时，取出两组同等级试件，一组试件钻制拉脱试件，另一组试件进行抗压试验；

2 记录每个拉脱试件试验得到的最大测试力 F_i 宜精确至 1N；测量试件断裂处相互垂直位置的直径尺寸 D_1 、 D_2 宜精确至 0.1mm；计算混凝土拉脱强度值 $f_{p,i}$ 宜精确至 0.001MPa；

3 抗压强度试验应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定，根据试压结果计算的抗压强度值 $f_{cu,i}$ 宜精确至 0.1MPa。

D.0.6 测强曲线计算应符合下列规定：

1 数据整理汇总，将测试所得的试件拉脱强度值和试件抗压强度值汇总；

2 按本规程公式 (5.2.2) 进行回归分析，计算误差。测强曲线的相对标准差 e_r 和平均相对误差 δ ，应按本规程公式

(6.1.3-1)、公式 (6.1.3-2) 计算。

D.0.7 测强曲线误差满足本规程第 6.1.3 条的要求时,可作为专用或地区测强曲线。

D.0.8 混凝土抗压强度换算值可根据回归测强曲线按系列拉脱强度代表值计算,列出测点混凝土抗压强度换算表供速查使用。

附录 E 测点混凝土抗压强度换算表

表 E 测点混凝土抗压强度换算表 (MPa)

拉脱 强度值	抗压强度	拉脱 强度值	抗压强度	拉脱 强度值	抗压强度	拉脱 强度值	抗压强度
0.390	10.0	1.600	34.6	2.800	56.5	4.165	80.0
0.400	10.2	1.625	35.0	2.900	58.2	4.200	80.6
0.500	12.5	1.700	36.4	3.000	60.0	4.300	82.2
0.600	14.6	1.800	38.3	3.100	61.7	4.400	83.9
0.620	15.0	1.890	40.0	3.200	63.5	4.465	85.0
0.700	16.7	1.900	40.2	3.290	65.0	4.500	85.6
0.800	18.8	2.000	42.0	3.300	65.2	4.600	87.3
0.858	20.0	2.100	43.9	3.400	66.9	4.700	88.9
0.900	20.9	2.162	45.0	3.500	68.7	4.765	90.0
1.000	22.9	2.200	45.7	3.580	70.0	4.800	90.6
1.100	24.9	2.300	47.5	3.600	70.4	4.900	92.2
1.105	25.0	2.400	49.3	3.700	72.1	5.000	93.9
1.200	26.9	2.440	50.0	3.800	73.8	5.070	95.0
1.300	28.8	2.500	51.1	3.870	75.0	5.100	95.5
1.360	30.0	2.600	52.9	3.900	75.5	5.200	97.2
1.400	30.7	2.700	54.7	4.000	77.2	5.300	98.8
1.500	32.7	2.720	55.0	4.100	78.9	5.375	100.0

注：1 表中数据仅适用于在建立测强曲线的立方体试件强度范围内，不得外延；

2 表中未列数据可按内插法求得。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 2 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344
- 3 《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784
- 4 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 5 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 6 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 7 《混凝土试模》JG 237
- 8 《工作测力仪检定规程》JJG 455

中华人民共和国行业标准

拉脱法检测混凝土抗压强度技术规程

JGJ/T 378 - 2016

条文说明

制 订 说 明

《拉脱法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 378 - 2016, 经住房和城乡建设部 2016 年 8 月 8 日第 1223 号公告批准、发布。

本规程编制过程中, 编制组进行了广泛的调查研究, 总结了我国“直拔法”检测混凝土强度试验研究成果和工程应用的实践经验, 同时参考了国外先进技术法规、技术标准, 通过大量的试验, 优化了“拉脱法”试验装置, 取得了全国统一测强曲线, 规定了对结构构件混凝土强度检测、推定的技术要求, 为规程编制提供了极有价值的技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定, 《拉脱法检测混凝土抗压强度技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明, 对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是, 本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力, 仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	26
3	检测装置	27
3.1	技术要求	27
3.2	校准与保养	27
4	试件及试验	28
4.1	拉脱测点的布置及试件钻制	28
4.2	拉脱试验	29
5	数值测量及计算	30
5.1	一般规定	30
5.2	测量与数值计算	30
6	抗压强度换算与推定	31
6.1	强度换算	31
6.2	抗压强度推定	31
	附录 D 专用或地区混凝土抗压强度曲线的基本要求	34
	附录 E 测点混凝土抗压强度换算表	35

1 总 则

1.0.1 编制本规程的目的是为了规范使用拉脱法检测混凝土抗压强度的方法，保证检测精度和检测结果的准确性。拉脱法采用具有自动夹紧芯样试件，自动调节径向夹紧力的装置完成拉脱操作，是近年来新研发的一项微破损检测混凝土测强技术，具有高效、快捷、精度较高、对结构损伤较小等特点，适用钢筋密集部位检测。

1.0.2 本规程适用于检测混凝土抗压强度 10MPa~100MPa 和不同龄期（早龄期）表观密度为 $2400\text{kg}/\text{m}^3$ 左右的结构构件，不适用于纤维混凝土和混凝土在硬化期间遭受冻害以及结构构件遭受化学侵蚀、火灾、高温损伤深度超过 25mm 的情况。

1.0.3 凡本规程涉及的其他有关技术方面问题，如施工现场测试、高空作业、现场用电、用水和劳动保护，均应遵守国家现行有关标准的规定。

3 检测装置

3.1 技术要求

3.1.2~3.1.4 为本规程对钻芯机、金刚石钻磨头、拉脱仪等装置的技术要求及使用规定，钻机使用完毕后应关闭电源、拆下钻头、清除污垢、擦拭干净存放在阴凉干燥处。钻头内径可用游标卡尺测量，如超出公差范围应及时更换。

3.2 校准与保养

3.2.1 主要设备与仪器均应有产品合格证，计量器具应有校准证书，并在有效期内使用。

3.2.2 拉脱仪是一台集测力、记录、计数为一体的电子仪器，当受到意外条件影响或不按规程操作，如发生高处坠落或超载使用将影响仪器的性能，一旦出现突然停机、异响、操作失控应立即关闭电源后返厂家检修。

3.2.3 拉脱仪使用完毕，内部电路还处于工作状态，应关闭电源，防止误启动进入工作状态。工作时产生的灰尘易渗入机体内部，影响电气系统正常工作或使驱动总成的润滑状况降低，因此应将仪器擦拭干净，最后将仪器装入箱内，存放在阴凉干燥处。

4 试件及试验

4.1 拉脱测点的布置及试件钻制

4.1.1 本条规定了在结构构件上布置测点的具体要求。试验研究表明，拉脱试件拉断处，距试件钻芯表面距离都大于 25mm，已超过钢筋保护层厚度，拉脱试件宜布置在混凝土浇筑方向的侧面，如不具备时也可采用顶面，不需修正。同一构件上拉脱试件间距应大于 300mm，测点距构件边缘不宜小于 100mm。

4.1.2 本条规定了拉脱试件钻制部位应选择结构构件受力较小的部位是指测点选择在柱的中部、距梁柱节点至梁跨中的 $1/3$ 处，测试部位应剔除抹灰层，选择在结构面上测试，在钻制试件前，应采用磁感仪确定钢筋的位置，在钢筋之间钻制试件。

4.1.3 采用拉脱法抽检应符合下列规定。

1 单个构件是指各层轴线间或同层平面内轴线间的混凝土梁、板、柱、墙等构件，检测时随混凝土龄期和混凝土设计强度等级不同而划分检测段。检测的单个构件编号，例：框架柱（A/①）、框架梁（A/③-④）、混凝土板（A-B/③-④），以轴线间对应的构件为构件编号。

2 对大型结构构件（桥梁、桥墩等大体积混凝土），采用连续浇筑同强度等级、同配合比，浇筑量大于 300m^3 的梁、板、柱、剪力墙，应布置不少于 10 个测点。

4.1.4~4.1.7 规定了钻芯机安装固定、均匀施力、注水冷却、维护保养等具体要求。钻芯时忽快忽慢的进钻速度会加大芯样的损伤，因此应控制进钻速度、均匀施压，钻芯机必须通冷却水才能达到冷却钻头和排出混凝土碎屑的目的。在高温下会使金刚石钻头烧损，混凝土碎屑不能及时排除不仅会加速钻头的磨损，还会影响进钻速度和芯样表面质量。

4.1.8 钻取拉脱试件后，留下的孔洞应及时进行修补。

4.1.9 钻制拉脱试件操作应遵守国家有关安全生产和劳动保护的规定。

4.2 拉 脱 试 验

4.2.1 本条第 1~6 款资料系检测结构构件混凝土强度时应具备的资料，如需对结构进行鉴定计算，委托方还应提供有关设计图纸。有些工程项目需要对结构构件进行安全计算，宜采用原设计（施工、结构）图纸进行复核计算。

4.2.2 拉脱试件应处于自然风干状态。拉脱仪试验前应先清零，调整三爪夹头套住拉脱试件。请仔细阅读《拉脱仪说明书》。

4.2.3 仪器通过试验在低电量和高电量时，加荷到满量程的数据变化统计值。

4.2.4 因金刚石钻磨头有磨损，致使钻制的拉脱试件直径发生变化，因此必须测量靠近试件断裂处相互垂直位置的直径尺寸。要准确计算拉脱试件应力，除准确测量有关尺寸外，还应按照本规程公式（5.2.1-1）计算。

5 数值测量及计算

5.1 一般规定

5.1.1 当无专用和地区测强曲线时，使用本规程测强曲线宜按本规程附录 B 的技术要求验证，如果验证结果的相对标准差 e_r 小于 15.0% 可采用本规程测强曲线公式 (6.1.2) 或按本规程附录 E 规定的测点混凝土抗压强度换算表进行换算；相对标准差 e_r 大于 15.0% 或没有条件进行验证，可按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的规定进行钻芯修正。

5.2 测量与数值计算

5.2.1、5.2.2 规定了按单个构件检测时应在构件上布置 3 个测点，按大型结构构件检测时应在构件上布置不少于 10 个测点，按检测批抽检的结构构件抽样数应为 10 个~15 个，每个构件上测点数应不少于 1 个并记录每点最大拉脱力和两垂直向直径，记录在本规程附录 C 中的表内，平均直径、截面积、强度换算值应按本规程公式 (5.2.1-1) ~ 公式 (5.2.1-5)、公式 (5.2.2) 计算。

6 抗压强度换算与推定

6.1 强度换算

6.1.1 结构构件中测点的混凝土抗压强度换算值，应按本规程第 5.2 节规定计算。宜优先采用专用测强曲线或地区测强曲线计算强度换算值。

6.1.2 换算强度可采用本规程统一测强曲线公式 (6.1.2) 或按本规程附录 E 规定的测点混凝土抗压强度换算表进行换算。

本规程制定的“拉脱法”全国测强曲线的数据，是来自全国建工、公路、铁路、水运等行业单位，分布东北、华北、西南、西北、华东、华南地区，他们根据本地区常用原材料、常用配合比，按强度等级 C10~C80，试验龄期 1d~1200d，制作 150mm×150mm×150mm 立方体试件，混凝土试件均为自然养护。

本规程制定的测强曲线，抗压强度相对标准差 $e_r = 14.1\%$ ，平均相对误差 $\delta = 12.0\%$ ，已接近专用测强曲线水平。

6.1.3 专用测强曲线或地区测强曲线，应按本规程附录 D 的规定制定。专用或地区测强曲线的抗压强度相对标准差 e_r ，平均相对误差 δ ，应符合规定，相对标准差 e_r ，平均相对误差 δ ，按本规程公式 (6.1.3-1)、公式 (6.1.3-2) 计算。

6.2 抗压强度推定

6.2.1 本条规定对结构构件检测混凝土抗压强度推定值 $f_{cu,e}$ 。本条规定单个构件应布置 3 个测点；大型结构构件应布置不小于 10 个测点；按批抽检结构构件，抽样数量应为 10 个~15 个，每个构件不少于 1 个测点，混凝土抗压强度推定值应按本规程公式 (6.2.1-1)~公式 (6.2.1-4) 计算。

1 单个构件检测示例见表 1；

表 1 单个构件检测推定

测点号	试件 编号	拉脱力 (N)	直径 1 (mm)	直径 2 (mm)	平均 直径 (mm)	面积 (mm ²)	拉脱 强度值 (MPa)	取值 (MPa)	换算 强度 (MPa)	推定 强度 (MPa)
1	1 号	6688	44.2	44.1	44.2	1530.91	4.369	3.975 (算术 平均值)	76.8	76.8
2	2 号	5833	44.7	45.0	44.9	1579.84	3.692			
3	3 号	6079	44.7	44.8	44.8	1572.81	3.865			

注：1 换算值计算，是将拉脱强度值代入测强曲线公式计算换算值强度为：

$$f_{\text{cu},i} = 22.886 \times f_{\text{p},m,i}^{0.877} = 22.886 \times 3.975^{0.877} = 76.8\text{MPa};$$

2 构件推定强度为：76.8MPa。

2 大型结构构件、按检测批抽检推定示例见表 2。

表 2 大型结构构件、按检测批抽检推定

测点号	试件 编号	拉脱力 (N)	直径 1 (mm)	直径 2 (mm)	平均 直径 (mm)	面积 (mm ²)	拉脱 强度值 (MPa)	换算 强度 (MPa)	平均值 标准差 (MPa)	推定 强度 (MPa)
1	1 号	3460	43.8	43.8	43.8	1506.74	2.296	47.4	$m_{f_{\text{cu}}} = 50.2$ $s_{f_{\text{cu}}} = 5.37$	$f_{\text{cu},e} = 41.4$
2	2 号	4129	43.8	43.8	43.8	1506.74	2.740	55.4		
3	3 号	3548	43.8	43.8	43.8	1506.74	2.355	48.5		
4	4 号	3157	43.8	43.8	43.8	1506.74	2.095	43.8		
5	5 号	3636	43.8	43.8	43.8	1506.74	2.413	49.6		
6	6 号	3075	43.8	43.8	43.8	1506.74	2.041	42.8		
7	7 号	3398	43.8	43.8	43.8	1506.74	2.255	46.7		
8	8 号	4396	43.8	43.8	43.8	1506.74	2.918	58.5		
9	9 号	4209	43.8	43.8	43.8	1506.74	2.793	56.3		
10	10 号	3894	43.8	43.8	43.8	1506.74	2.584	52.6		

注：1 换算值计算，是将拉脱强度值代入测强曲线公式计算换算强度为：

$$f_{\text{cu},i} = 22.886 \times f_{\text{p},i}^{0.877} = 22.886 \times 2.296^{0.877} = 47.4\text{MPa};$$

2 混凝土推定强度应按下式计算：

$$f_{\text{cu},e} = m_{f_{\text{cu}}} - 1.645s_{f_{\text{cu}}};$$

换算强度平均值 $m_{f_{\text{cu}}} = 50.2\text{MPa}$ ，标准差 $s_{f_{\text{cu}}} = 5.37\text{MPa}$ ；

检测批结构构件强度推定值为： $f_{\text{cu},e} = 50.2 - 1.645 \times 5.37 = 41.4\text{MPa}$ 。

6.2.2 本条规定对按检测批检测的结构构件，构件推定强度须满足规定的不同平均值对应的标准差。不能满足时，结构构件应全部按单个构件进行强度推定。

一批结构构件的混凝土抗压强度平均值 $m_{f_{cu}}^c$ 小于 25.0 MPa，标准差 $s_{f_{cu}}^c$ 大于 4.50MPa；平均值 $m_{f_{cu}}^c$ 等于 25.0MPa ～ 50.0MPa，标准差 $s_{f_{cu}}^c$ 大于 5.50MPa，参照原国家标准《混凝土强度检验评定标准》GBJ 107-87 对搅拌站生产的混凝土“一般”质量水平规定。现在高强混凝土已广泛用于工程，抗压强度平均值 $m_{f_{cu}}^c$ 大于 50.0MPa，标准差 $s_{f_{cu}}^c$ 限值取值，采用了北京地区四个大型商品混凝土搅拌站生产的 C50 以上混凝土的标养试件抗压强度进行统计确定，见表 3。

表 3 C50 以上混凝土的标养试件抗压强度统计数据

序号	单位名称	试件组数（组）	平均值（MPa）	标准差（MPa）
1	中思成	1340	63.8	6.32
2	科实恒			
3	城建四公司			
4	建工六建公司			

注：每组 3 个试件取平均值统计。

由表 3 列出，C50 以上混凝土的抗压强度标准差为 6.32MPa。所以，当结构构件混凝土抗压强度平均值大于 50.0MPa 时，限制 $s_{f_{cu}}^c$ 不大于 6.50MPa 是合适的。

附录 D 专用或地区混凝土抗压 强度曲线的基本要求

D. 0. 1~D. 0. 6 建立专用或地区测强曲线的目的，是为了使测强曲线的使用条件尽可能地符合本地区或某一专项工程的实际情况，以减少工程检测中的验证和修正工作量，同时也可避免因修正不当带入新的误差因素，从而提高拉脱法检测混凝土强度的准确性和可靠性。因此，建立专用或地区测强曲线时，除了采用专项工程的混凝土原材料或本地区常用原材料以及混凝土配合比外，还应严格控制试件的制作、养护及拉脱和抗压强度试验等每一操作环节，并注意观察、记录试验过程中的异常现象，对明显异常的数据，应认真分析原因再确定取舍。根据拉脱强度代表值和试件抗压强度实测值进行回归分析和误差分析，可得到混凝土强度曲线。根据回归方程的误差分析结果，也可针对误差特别大的个别数据进行分析判断，若系试验过程中存在较大的误差，可以剔除异常数据后再进行回归分析。总之，建立测强曲线是一个技术性很强的工作，必须认真仔细、严肃对待。

附录 E 测点混凝土抗压强度换算表

本附录测强曲线适用于符合本规程第 1.0.2 条规定条件的混凝土。大量研究表明，混凝土粗骨料的品种和材质对拉脱法测强有一定影响，使用拉脱法测强曲线，可先通过验证。

测点混凝土的抗压强度换算，可直接查表或采用本规程强度换算曲线公式（6.1.2）计算。

本规程强度换算，系按 $f_{cu,i}^c = 22.886 f_{p,i}^{0.877}$ 计算；相关系数（ r ）0.9529，相对标准差（ e_r ）14.1%，平均相对误差（ δ ）12.0%。

拉脱强度值精确至 0.001MPa，混凝土试件抗压强度精确至 0.1MPa。

测点混凝土抗压强度换算表，只限于在建立测强曲线的立方体试件强度范围内使用。

如测点出现换算强度值小于 10.0MPa 或大于 100.0MPa，即超出换算曲线的适用范围时，测点的抗压强度应表述为“小于 10.0MPa”或“大于 100.0MPa”。