

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

JGJ/T 15 – 2021

P

备案号 J 1635 – 2021

早期推定混凝土强度试验方法标准

Standard for test method of early estimating
compressive strength of concrete

2021 – 06 – 30 发布

2021 – 10 – 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

早期推定混凝土强度试验方法标准

Standard for test method of early estimating
compressive strength of concrete

JGJ/T 15 - 2021

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 2 1 年 1 0 月 1 日

2021 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

2021 年 第 112 号

住房和城乡建设部关于发布行业标准 《早期推定混凝土强度试验方法标准》的公告

现批准《早期推定混凝土强度试验方法标准》为行业标准，编号为 JGJ/T 15-2021，自 2021 年 10 月 1 日起实施。原行业标准《早期推定混凝土强度试验方法标准》JGJ/T 15-2008 同时废止。

本标准在住房和城乡建设部门户网站（www.mohurd.gov.cn）公开，并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社传媒有限公司出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2021 年 6 月 30 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2017年工程建设标准规范制修订及相关工作计划〉的通知》（建标〔2016〕248号）的要求，标准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，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 混凝土加速养护法；4. 砂浆促凝压蒸法；5. 扭矩测试法；6. 早龄期法；7. 混凝土强度关系式的建立与强度的推定。

本标准修订的主要技术内容是：1. 增加混凝土微波养护法推定混凝土强度的试验方法；2. 增加扭矩测试法推定混凝土强度的试验方法。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由中国建筑科学研究院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，请寄送中国建筑科学研究院有限公司（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码：100013）。

本标准起草单位：

中国建筑科学研究院有限公司

中建二局第三建筑工程有限公司

衡水积土科技有限公司

贵州中建建筑科研设计院有限公司

重庆建工市政交通工程有限责任公司

重庆建工住宅建设有限公司

河北麒麟建筑科技发展有限公司

浙江宇博新材料有限公司

重庆市建筑科学研究院有限公司

台州四强新型建材有限公司

北京灵感科技有限公司

中国十九冶集团有限公司

重庆中科建设（集团）有限公司

本标准主要起草人员：

张秀芳 张仁瑜 徐 烨 赵志强 钟安鑫 陈怡宏
杨 翔 黄 靖 梁 彬 周 伟 张京街 杨晓华
朱效荣 蔡仲斌 黄一峰

本标准主要审查人员：

王桂玲 陈家珑 石云兴 兰明章 赵顺增 张日红
张俊生 管小军 李美利 高金枝

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	混凝土加速养护法	4
3.1	一般规定	4
3.2	设备	4
3.3	混凝土水养护试验方法	5
3.4	混凝土微波养护试验方法	6
4	砂浆促凝压蒸法	8
4.1	一般规定	8
4.2	设备	8
4.3	促凝剂	9
4.4	促凝压蒸试验方法	10
5	扭矩测试法	12
5.1	一般规定	12
5.2	设备	12
5.3	扭矩测试方法	13
6	早龄期法	14
7	混凝土强度关系式的建立与强度的推定	15
附录 A	混凝土强度关系式的建立方法	17
本标准用词说明		19
引用标准名录		20
附：条文说明		21

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Concrete Accelerated Curing Method	4
3.1	General Requirements	4
3.2	Equipments	4
3.3	Concrete Water Curing Test Method	5
3.4	Concrete Microwave Curing Test Method	6
4	Mortar Accelerated Setting with Autoclaved Curing Method	8
4.1	General Requirements	8
4.2	Equipments	8
4.3	Accelerated Setting Admixture	9
4.4	Accelerated Setting with Autoclaved Curing Test Method	10
5	Torque Method	12
5.1	General Requirements	12
5.2	Equipments	12
5.3	Torque Test Method	13
6	Early-age Method	14
7	Establishment of the Compressive Strength of Concrete Equation and Derivation of Compressive Strength	15
Appendix A	Establishment Methods of the Compressive Strength of Concrete Equation	17

Explanation of Wording in This Standard	19
List of Quoted Standards	20
Addition: Explanation of Provisions	21

1 总 则

1.0.1 为规范早期推定混凝土强度试验方法，达到早期控制混凝土质量的目的，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于混凝土强度的早期推定、混凝土生产中的强度控制以及混凝土配合比调整的辅助设计。

1.0.3 早期推定混凝土强度试验方法除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 加速养护 accelerated curing

采用水养护、微波养护的方法养护混凝土试件，以测得加速养护混凝土试件抗压强度。

2.1.2 水养护法 water curing method

混凝土试件浸入一定温度的水中养护，测得加速养护混凝土试件抗压强度，以此推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.3 沸水法 boiling water method

混凝土试件脱模后，浸入沸水中养护，测得加速养护混凝土试件抗压强度，以此推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.4 热水法 heated water method

混凝土试件成型、密封后，带模浸入一定温度的热水中养护，测得加速养护混凝土试件抗压强度，以此推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.5 温水法 warm water method

混凝土试件成型、密封后，带模浸入一定温度的温水中养护，测得加速养护混凝土试件抗压强度，以此推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.6 微波养护法 microwave curing method

混凝土试件带模置于微波炉中加热养护，测得加速养护混凝土试件抗压强度，以此推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.7 砂浆促凝压蒸法 mortar accelerated setting with autoclaved curing method

筛取混凝土拌合物中的砂浆，加入促凝剂后成型，砂浆试件

带模置于高温高压中养护，测得压蒸养护砂浆试件抗压强度，以此推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.8 扭矩测试法 torque method

设定混凝土原材料参数，通过测试混凝土拌合物的扭矩值，推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.9 早龄期法 early-age method

以 3d 或 7d 标准养护混凝土抗压强度推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.10 加速试验周期 accelerated testing period

从加水拌合、成型、加速养护至破型前的时间总和。

2.2 符 号

a 、 b ——回归系数；

$f_{cu,i}$ ——第 i 组标准养护 28d 混凝土试件抗压强度值；

$f_{cu,i}^a$ ——第 i 组加速养护混凝土（压蒸养护砂浆）试件抗压强度值；

f_{cu}^a ——加速养护混凝土（压蒸养护砂浆）试件抗压强度值；

$f_{cu,i}^e$ ——第 i 组标准养护 28d 混凝土抗压强度的推定值；

f_{cu}^e ——标准养护 28d 混凝土抗压强度的推定值；

$m_{f_{cu}}$ —— n 组标准养护 28d 混凝土抗压强度的平均值；

n ——试件组数；

r ——回归方程的相关系数；

S^* ——回归方程的剩余标准差。

3 混凝土加速养护法

3.1 一般规定

3.1.1 本方法适用于采用水养护、微波养护方式对混凝土试件进行加速养护。加速养护试验应在标准试验条件下进行，标准试验条件的环境温度应为 $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。

3.1.2 混凝土试件水养护前，加速养护箱内水温应达到规定要求，且箱内各处水温相差不应超过 2°C 。

3.1.3 加速养护箱内的水温应于浸放试件后 15min 内恢复到规定温度。

3.1.4 在水养护期间内，应连续或定时测定并记录养护水的温度。

3.1.5 对于具有温度自动控制装置的加速养护箱，还应采用独立于温度自动控制装置之外的温度计或其他测温装置校核水的温度。

3.1.6 首先应按照本标准第 7 章的规定建立加速养护混凝土强度与标准养护 28d 混凝土强度的关系式，再通过加速养护强度推定标准养护 28d 强度。

3.1.7 采用微波养护方法时，推定混凝土强度与建立强度关系式应采用同一批试模。

3.2 设 备

3.2.1 加速养护箱的形状、尺寸应根据试件的尺寸、数量及在箱内放置形式确定。试件与箱壁之间及相邻试件之间的距离不应小于 50mm，试件底面距热源的距离不应小于 100mm。整个养护期间，箱内水面应高出试件顶面 50mm 以上。

3.2.2 微波炉的额定输入功率宜为 1180W~1300W，微波输出

功率宜为 700W~800W，额定频率应为 50Hz，额定微波频率应为 2300MHz~2500MHz，应采用平板加热。试件与箱壁之间及相邻试件之间的距离不应小于 25mm。微波炉应能自动进行加热养护循环。

3.2.3 采用热水法、温水法带模养护时，应采用钢模，且试模应密封，不应漏失水分。可采用符合现行行业标准《混凝土试模》JG 237 要求的密封试模，也可在普通钢模上覆盖密封垫，加盖钢板，用夹具夹紧（图 3.2.3）。

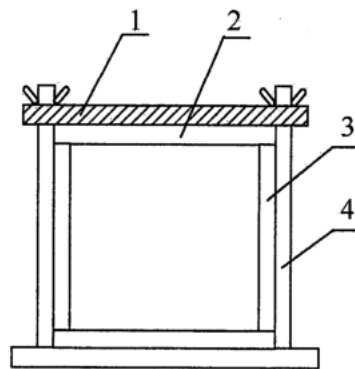


图 3.2.3 试模密封示意

1—钢板；2—密封垫；3—试模；4—拉杆

3.2.4 采用微波养护方法时，宜采用边长为 100mm 或 70.7mm 的立方体塑料试模。

3.3 混凝土水养护试验方法

3.3.1 混凝土水养护试验方法包括沸水法、热水法和温水法。

3.3.2 沸水法试验应符合下列规定：

1 混凝土试件成型、抹面后，应立即用塑料薄膜覆盖表面，静置。从加水拌合至脱模，时间应为 $24\text{h} \pm 15\text{min}$ 。

2 应将脱模试件立即浸入加速养护箱内的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和沸水中，养护时间应为 $4\text{h} \pm 5\text{min}$ 。整个养护期间，水温不应低于 98°C 。

3 取出试件，静置 $1\text{h} \pm 10\text{min}$ 。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 的规定进行抗压强

度试验，测得加速养护混凝土抗压强度。

4 加速试验周期应为 $29\text{h}\pm 15\text{min}$ 。

3.3.3 热水法试验应符合下列规定：

1 混凝土试件成型、抹面、密封后静置。从加水拌合至静置结束，时间应为 $1\text{h}\pm 10\text{min}$ 。

2 应将带模试件浸入养护箱 $(80\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 热水中，养护时间应为 $5\text{h}\pm 5\text{min}$ 。整个养护期间，箱中水温应保持 $(80\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 。

3 取出带模试件并脱模，静置 $1\text{h}\pm 10\text{min}$ 。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 的规定进行抗压强度试验，测得加速养护混凝土抗压强度。

4 加速试验周期应为 $7\text{h}\pm 15\text{min}$ 。

3.3.4 温水法试验应符合下列规定：

1 混凝土试件成型、抹面、密封后静置。从加水拌合至静置结束，时间应为 $1\text{h}\pm 10\text{min}$ 。

2 应将带模试件浸入养护箱 $(55\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 温水中，养护时间应为 $23\text{h}\pm 15\text{min}$ 。整个养护期间，箱中水温应保持 $(55\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 。

3 取出带模试件并脱模，静置 $1\text{h}\pm 10\text{min}$ 。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 的规定进行抗压强度试验，测得加速养护混凝土抗压强度。

4 加速试验周期应为 $25\text{h}\pm 15\text{min}$ 。

3.4 混凝土微波养护试验方法

3.4.1 试模内壁应均匀涂刷一薄层矿物油，不应漏涂。

3.4.2 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 的规定成型混凝土试件。试件表面应抹平，并擦净试模外表面，在试件表面覆盖一层塑料薄膜。

3.4.3 微波养护试验应符合下列规定：

1 应将带模试件立即放入微波炉中。打开电源，试件在微波炉中静停 2h 后进行加热养护循环。每一循环为高火加热 30s，静停 5min。加热养护时间宜为 6h。加热养护循环结束后，关闭

电源。

2 取出试件并脱模，静置 $1\text{h} \pm 10\text{min}$ 。对大流动性混凝土、低强度等级混凝土，可静置 $2\text{h} \pm 10\text{min}$ 。然后进行抗压试验：对边长为 100mm 立方体试件，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 的规定进行抗压强度试验；对边长为 70.7mm 立方体试件，应按现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 的规定进行抗压强度试验，测得加速养护混凝土抗压强度。

3 加速养护混凝土抗压强度值取 3 个试件测值的算术平均值。

4 对边长为 70.7mm 立方体试件，强度值可不乘换算系数，且应始终保持一致。

4 砂浆促凝压蒸法

4.1 一般规定

4.1.1 本方法适用于采用促凝压蒸方式对砂浆试件进行养护。促凝压蒸试验应在标准试验条件下进行，标准试验条件的环境温度应为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

4.1.2 混凝土中的粗骨料应均质，应无软弱颗粒或风化石。

4.1.3 首先应按照本标准第 7 章的规定，建立压蒸养护砂浆强度与标准养护 28d 混凝土强度的关系式，再通过压蒸养护砂浆强度推定标准养护 28d 混凝土强度。

4.2 设 备

4.2.1 压蒸设备宜采用直径 240mm 的压蒸锅（图 4.2.1），压蒸锅上应装有压力表，其量程宜为 $0 \sim 160\text{kPa}$ 。

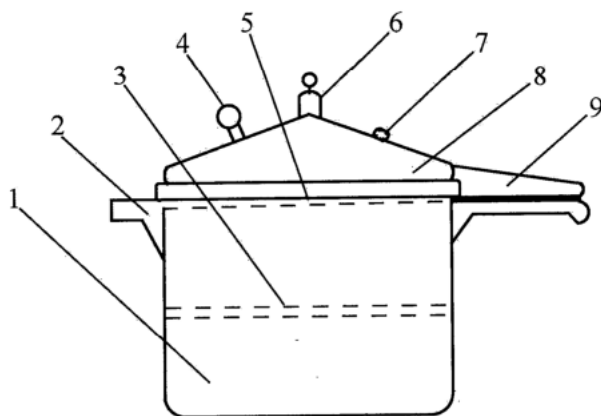


图 4.2.1 压蒸锅构造示意

1—锅体；2—小手柄；3—蒸屉；4—压力表；5—密封圈；
6—限压阀；7—易熔塞；8—锅盖；9—大手柄

4.2.2 热源应保证带模试件放入装有沸水的压蒸锅并加盖安全阀后，能在 15min 内使锅内压力达到并稳定在 $80\text{kPa} \sim 100\text{kPa}$ 。

4.2.3 试模尺寸宜为 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 50\text{mm}$ (图 4.2.3)。试模由可装卸的三联钢模和 $160\text{mm} \times 80\text{mm} \times 8\text{mm}$ 的钢盖板组成, 钢模应符合现行行业标准《水泥胶砂试模》JC/T 726 的规定。

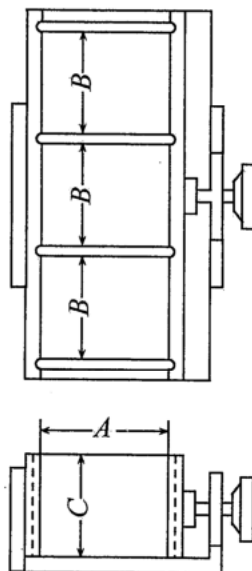


图 4.2.3 试模构造示意

$A=50\text{mm}$, $B=C=40\text{mm}$

4.2.4 方孔筛的筛孔公称直径应为 5.00mm , 并应配备相应尺寸的料盘。

4.2.5 案秤的称量应为 5000g , 感量应为 5g ; 天平的称量应为 100g , 感量应为 0.1g 。

4.3 促凝剂

4.3.1 促凝剂应采用分析纯或化学纯试剂, 并按表 4.3.1 规定的质量比配制, 称准至 0.1g 。应将称好的试剂分别研细、按比例拌匀后, 装入塑料袋密封, 置于阴凉干燥处保存, 保存期不得超过 7d 。

表 4.3.1 促凝剂配方 (质量比) (%)

型号	无水碳酸钠 Na_2CO_3	无水硫酸钠 Na_2SO_4	铝酸钠 NaAlO_2
CS	75	25	—
CAS	60	25	15

4.3.2 促凝剂宜优先选用 CS 型；对早期强度低、水化速度慢、凝结时间长的混凝土可采用 CAS 型。

4.3.3 促凝剂用量应通过试验确定。

4.4 促凝压蒸试验方法

4.4.1 擦净后的试模应紧密装配，四周缝隙处应涂抹少许黄油，内壁应均匀涂刷一薄层矿物油。

4.4.2 压蒸锅内应加水至离蒸屉 20mm 高度，将水加热至沸腾，并保证压蒸锅不漏气。

4.4.3 每成型一组标准养护 28d 混凝土试件的同时，应留取同盘混凝土试样 3kg 以上。

4.4.4 混凝土取样后应立即进行试验。将湿布擦过的方孔筛与料盘置于混凝土振动台上，应将混凝土试样一次性均匀摊铺于方孔筛中。开动振动台，用小铲翻拌方孔筛内的混凝土试样，当粗骨料表面不粘砂浆且看不见砂浆落入料盘时，停止振动。

4.4.5 筛分完毕后，应立即将料盘中的砂浆试样拌匀，并称取 600g 砂浆，放入湿布擦过的水泥净浆搅拌机中，均匀撒入已称好的促凝剂，快速搅拌 30s。

4.4.6 应将搅拌机中的砂浆一次性加入置于混凝土振动台上的试模中，振实砂浆。试模振动时，应采取措施防止试模自由跳动。振动成型时间可按表 4.4.6 确定。振动完毕应立即将高出试模表面的砂浆刮去并抹平，盖上钢盖板。从掺入促凝剂至盖上钢盖板为止宜在 3min 内完成。

表 4.4.6 振动成型时间

混凝土种类	塑性混凝土	流动性混凝土
振动成型时间 (s)	30~50	20~40

4.4.7 应将盖有钢盖板的带模试件立即放入水已烧沸的压蒸锅内，立即加盖、压阀，压蒸时间应从加盖、压阀后起计，宜为 1h。

4.4.8 记录压蒸过程中的升压时间。从加盖、压阀起至蒸汽压力达到 $(90\pm 10)\text{kPa}$ 并开始释放蒸汽为止，升压时间应为 $(15\pm 1)\text{min}$ 。

4.4.9 压蒸养护到规定压蒸时间后，应切断热源，去阀放气。应在确认压蒸锅内无气压后方可开盖取出试模，并应立即脱模。然后，应按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的规定进行抗压强度试验，测得压蒸养护砂浆抗压强度。从切断热源到抗压强度试验的时间不宜超过 5min。

4.4.10 压蒸养护砂浆抗压强度值应取 3 个试件测值的算术平均值。

5 扭矩测试法

5.1 一般规定

5.1.1 本方法适用于混凝土坍落度大于 120mm 时，采用扭矩测试法推定标准养护 28d 混凝土强度。

5.1.2 扭矩测试法试验应在标准试验条件下进行，标准试验条件的环境温度应为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

5.2 设 备

5.2.1 混凝土拌合物性能测试仪（图 5.2.1-1）的接口标准宜为 RS232 或 USB，探测头的长度应为 $200\text{mm} \pm 2\text{mm}$ ，直径应为 8mm。搅拌叶片应由不锈钢的球缺与圆柱体组成，球缺的直径应为 25mm，高度应为 5mm；圆柱体的直径应为 25mm，高度应为 5mm。搅拌叶片通过长度 2mm 的金属杆连接到探测头上，二个搅拌叶片应分别位于探测头两侧且球缺反向对称（图 5.2.1-2）。

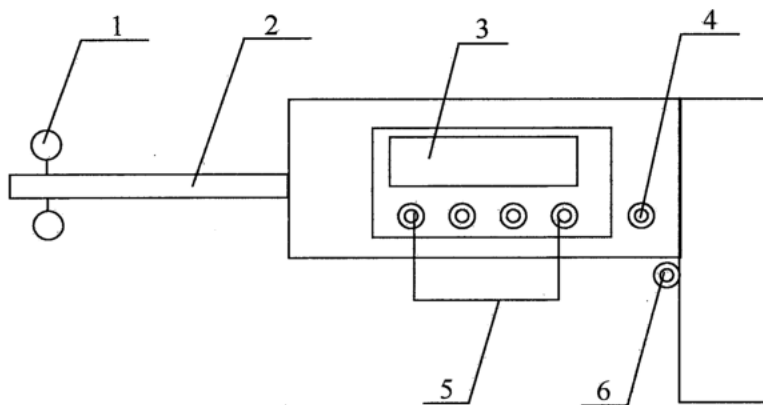


图 5.2.1-1 混凝土拌合物性能测试仪示意

1—搅拌叶片；2—探测头；3—液晶显示屏；4—数据传输接口；
5—功能键；6—测试键

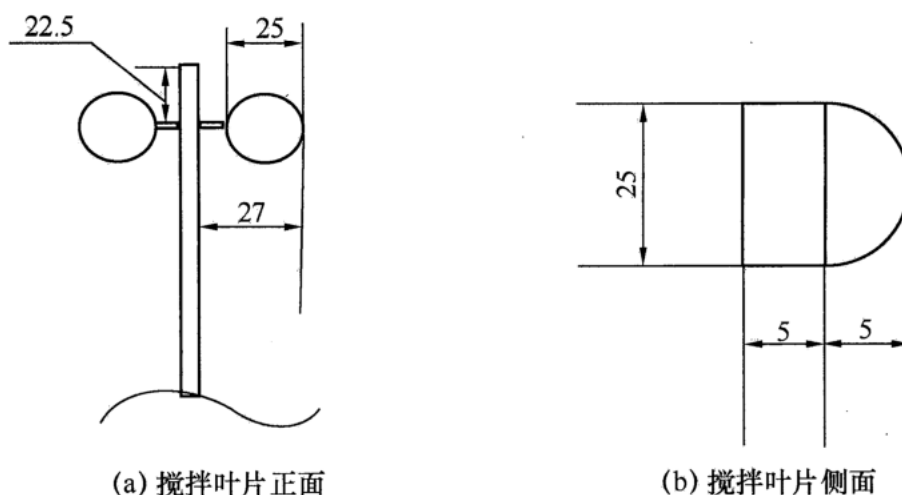


图 5.2.1-2 搅拌叶片示意 (mm)

5.2.2 混凝土拌合物性能测试仪的工作温度应为 $-20^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ ，推定值的相对误差应为 $\pm 10\%$ 。

5.2.3 料桶体积宜为 20L $\sim$ 30L。

5.3 扭矩测试方法

5.3.1 应留取不少于 $3/4$ 料桶体积的混凝土拌合物，同时留置一组标准养护 28d 混凝土抗压强度试件。

5.3.2 打开混凝土拌合物性能测试仪的电源，在配合比设定界面输入水泥品种及强度等级、外加剂品种及掺量、掺合料品种及掺量、骨料品种及粒径等参数，按确认键，进入坍落度测试界面。

5.3.3 将混凝土试样装入料桶中，立即将混凝土拌合物性能测试仪的探测头垂直插入混凝土试样中，探测头插入深度应为 100mm，按测试键进行测试。按顺时针方向选择测试点，测点不应少于 3 个，相邻测点的间距不应小于 100mm，测点距料桶边缘的距离不应小于 50mm，且测点不应重合。从加水拌合至测试结束，时间不应超过 20min。

5.3.4 从显示屏上直接读取推定的标准养护 28d 混凝土抗压强度值。

6 早 龄 期 法

6.0.1 本方法适用于采用早龄期标准养护混凝土强度推定标准养护 28d 混凝土强度。

6.0.2 早龄期法的龄期宜为 3d 或 7d，混凝土试件应采用标准养护。

6.0.3 早龄期标准养护混凝土试件与标准养护 28d 混凝土试件应取自同盘混凝土，试件尺寸及试件的成型、养护、抗压试验应相同，并应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定。

6.0.4 早龄期标准养护混凝土试件抗压试验的龄期应为 $3\text{d} \pm 2\text{h}$ 或 $7\text{d} \pm 6\text{h}$ 。

6.0.5 首先应按照本标准第 7 章的方法，建立早龄期标准养护混凝土抗压强度与标准养护 28d 混凝土抗压强度的关系式，再通过早龄期标准养护强度推定标准养护 28d 强度。

7 混凝土强度关系式的建立与强度的推定

7.0.1 为建立混凝土强度关系式而进行试验时，应采用与工程实际使用相同的原材料制作试件。混凝土拌合物的坍落度或工作度应与工程所用的相近。

7.0.2 每盘混凝土应至少成型两组试件并组成一个对组。其中一组应按本标准第3章规定的方法进行加速养护或第4章规定的方法进行压蒸养护，测得加速养护混凝土（压蒸养护砂浆）强度；另一组应进行标准养护，测得标准养护28d抗压强度。

7.0.3 建立强度关系式时，试件数量不应少于30对组。混凝土拌合物的水胶比不应少于3种，最大和最小水胶比之差不宜小于0.2，且应使推定的水胶比位于所选水胶比范围的中间区段。

7.0.4 可采用线性回归法、幂函数回归法建立混凝土强度关系式，并按下列公式计算：

$$f_{cu}^e = a + bf_{cu}^a \quad (7.0.4-1)$$

$$f_{cu}^e = a(f_{cu}^a)^b \quad (7.0.4-2)$$

式中： f_{cu}^e ——标准养护28d混凝土抗压强度的推定值（MPa）；

f_{cu}^a ——加速养护混凝土（压蒸养护砂浆）试件抗压强度值（MPa）；

a 、 b ——回归系数，应按本标准附录A的规定计算。

7.0.5 建立强度关系式时，回归方程的相关系数不应小于0.90，剩余标准差不应大于标准养护28d抗压强度平均值的12%。回归方程的相关系数、剩余标准差应按本标准附录A的方法计算。

7.0.6 当采用已建立的强度关系式推定实际工程用的混凝土强度时，应与建立强度关系式时的条件基本相同、养护制度及试件尺寸一致，且试件的加速养护（压蒸养护）强度应在强度关系式

的最大、最小加速养护（压蒸养护）强度值范围内，不应外延。

7.0.7 混凝土强度关系式在应用过程中，宜利用应用过程中积累的数据加原有试验数据修正原混凝土强度关系式，修正后的混凝土强度关系式仍应满足本标准第 7.0.5 条的要求。

附录 A 混凝土强度关系式的建立方法

A.1 线性回归法

A.1.1 线性回归方程式 (7.0.4-1) 的回归系数应按下列公式计算:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} f_{cu,i}^a) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^a}{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^a)^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^a \right)^2} \quad (\text{A.1.1-1})$$

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i} - \frac{b}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^a \quad (\text{A.1.1-2})$$

式中: $f_{cu,i}$ ——第 i 组标准养护 28d 混凝土试件抗压强度值 (MPa);

$f_{cu,i}^a$ ——第 i 组加速养护混凝土 (压蒸养护砂浆) 试件抗压强度值 (MPa);

n ——试件组数。

A.1.2 线性回归方程式 (7.0.4-1) 的相关系数应按下列公式计算:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} f_{cu,i}^a) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^a}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (f_{cu,i})^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n f_{cu,i} \right)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^a)^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^a \right)^2 \right]}} \quad (\text{A.1.2})$$

式中: r ——回归方程的相关系数。

A.1.3 线性回归方程式 (7.0.4-1) 的剩余标准差应按下列公式计算:

$$S^* = \sqrt{\frac{(1-r^2) \left(\sum_{i=1}^n (f_{cu,i})^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n f_{cu,i} \right)^2 \right)}{n-2}} \quad (\text{A.1.3})$$

式中：\$S^*\$ ——回归方程的剩余标准差。

A.2 幂函数回归法

A.2.1 幂函数回归方程式 (7.0.4-2) 的回归系数应按下列公式计算：

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln f_{cu,i} \ln f_{cu,i}^a) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln f_{cu,i} \sum_{i=1}^n \ln f_{cu,i}^a}{\sum_{i=1}^n (\ln f_{cu,i}^a)^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \ln f_{cu,i}^a \right)^2} \quad (\text{A. 2. 1-1})$$

$$a = e^c \quad (\text{A. 2. 1-2})$$

$$c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln f_{cu,i} - \frac{b}{n} \sum_{i=1}^n \ln f_{cu,i}^a \quad (\text{A. 2. 1-3})$$

A.2.2 幂函数回归方程式 (7.0.4-2) 的相关系数应按下式计算：

$$r = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} - f_{cu,i}^e)^2}{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} - m_{f_{cu}})^2}} \quad (\text{A. 2. 2})$$

式中：\$f_{cu,i}^e\$ ——第 \$i\$ 组标准养护 28d 混凝土抗压强度的推定值 (MPa)；

\$m_{f_{cu}}\$ ——\$n\$ 组标准养护 28d 混凝土抗压强度的平均值 (MPa)。

A.2.3 幂函数回归方程式 (7.0.4-2) 的剩余标准差应按下列公式计算：

$$S^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} - f_{cu,i}^e)^2}{n - 2}} \quad (\text{A. 2. 3})$$

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：

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 《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 2 《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》 GB/T 17671
- 3 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》 JGJ/T 70
- 4 《混凝土试模》 JG 237
- 5 《水泥胶砂试模》 JC/T 726

中华人民共和国行业标准

早期推定混凝土强度试验方法标准

JGJ/T 15 - 2021

条文说明

编制说明

《早期推定混凝土强度试验方法标准》JGJ/T 15 - 2021，经住房和城乡建设部 2021 年 6 月 30 日以第 112 号公告批准、发布。

本标准是在《早期推定混凝土强度试验方法标准》JGJ/T 15 - 2008 的基础上修订而成的，上一版的主编单位是中国建筑科学研究院，参编单位是贵州中建建筑科研设计院、西安建筑科技大学、浙江省台州市建设工程质量检测中心、北京城建混凝土有限公司、宁波市北仑区建设局、北京灵感科技发展有限公司、建研建材有限公司、台州四强新型建材有限公司、上虞市宏兴机械仪器制造有限公司，主要起草人员是张仁瑜、张秀芳、林力勋、尚建丽、孙盛佩、朱效荣、姚德正、孙辉、罗世明、张关来。

本标准修订过程中，编制组进行了广泛而深入的调查研究，总结了我国工程建设中早期推定混凝土强度试验方法和检测技术领域的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过试验取得了早期推定混凝土强度试验方法的重要技术参数。

为便于广大施工、监理、设计、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《早期推定混凝土强度试验方法标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，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标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则	24
3 混凝土加速养护法	25
3.1 一般规定	25
3.2 设备	25
3.3 混凝土水养护试验方法	27
3.4 混凝土微波养护试验方法	27
4 砂浆促凝压蒸法	29
4.1 一般规定	29
4.2 设备	29
4.3 促凝剂	29
4.4 促凝压蒸试验方法	30
5 扭矩测试法	32
5.1 一般规定	32
5.2 设备	32
5.3 扭矩测试方法	32
6 早龄期法	34
7 混凝土强度关系式的建立与强度的推定	35

1 总 则

1.0.1 混凝土标准养护 28d 强度的试验方法，由于试验周期长，既不能及时预报混凝土施工中的质量状况，也不能据此及时设计和调整混凝土配合比，不利于加强混凝土的质量管理及充分利用水泥活性，因此，有必要制定早期推定混凝土强度的试验方法标准，以便早期控制混凝土的质量。

1.0.2 通过建立标准养护 28d 强度与早期强度二者的关系式，利用早期强度推定标准养护 28d 强度。推定的混凝土强度仅适用于混凝土生产中的强度控制以及混凝土配合比的调整和辅助设计。

3 混凝土加速养护法

3.1 一般规定

3.1.1 混凝土加速养护法包括水养护法、微波养护法，均是对混凝土试件进行加速养护。当从现场取样时，混凝土取样后立即移至温度 $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的室内成型试件。

3.1.2~3.1.5 三种混凝土水养护法均为试件置于一定温度的水介质中，经较短时间的加速养护，因此，养护箱中各处水温是否均匀以及试件放入养护箱内造成水温降低的延续时间长短，均会影响混凝土试件强度发展条件的同一性。鉴于水温对混凝土加速养护强度的影响较大，且加速养护时间较短，因此对水温进行了较严格的规定。

3.1.6 采用加速养护强度推定标准养护 28d 强度时，需首先通过试验建立二者的强度关系式，实际应用时再根据该公式早期推定混凝土的强度。

3.1.7 因不同批次的塑料试模有可能会对试验结果产生影响，故规定采用同一批试模。

3.2 设 备

3.2.1 由于养护水对试验结果的影响较大，因此对热源位置、水位高度、试件摆放的位置和间隔等都作了规定。图 1 为加速养护箱示意图，图中的 $d_1 \geq 50\text{mm}$ ， $d_2 \geq 100\text{mm}$ 。

3.2.2 采用市场上可以购到的微波炉即可，输出功率为 $700\text{W} \sim 800\text{W}$ ，平板加热可以避免试件在微波炉中移动。通过改装，可自动控制加热养护程序。试件在微波炉中的摆放位置见图 2，试件与箱壁之间及相邻试件之间的距离 a 、 b 均不应小于 25mm 。

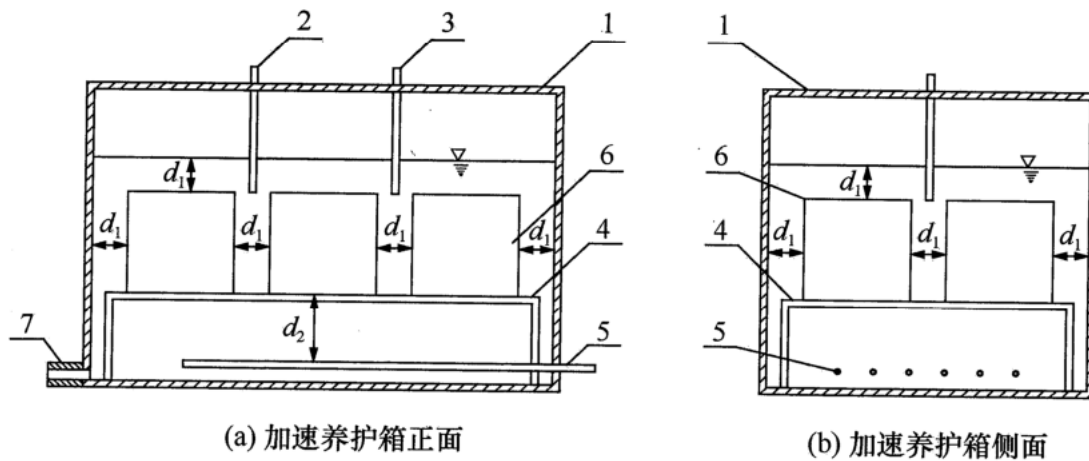


图 1 加速养护箱示意

1—具有保温功能的养护箱；2—温度传感器；3—校核温度计；
4—放置试件的支架；5—加热元件；6—试件；7—排水口

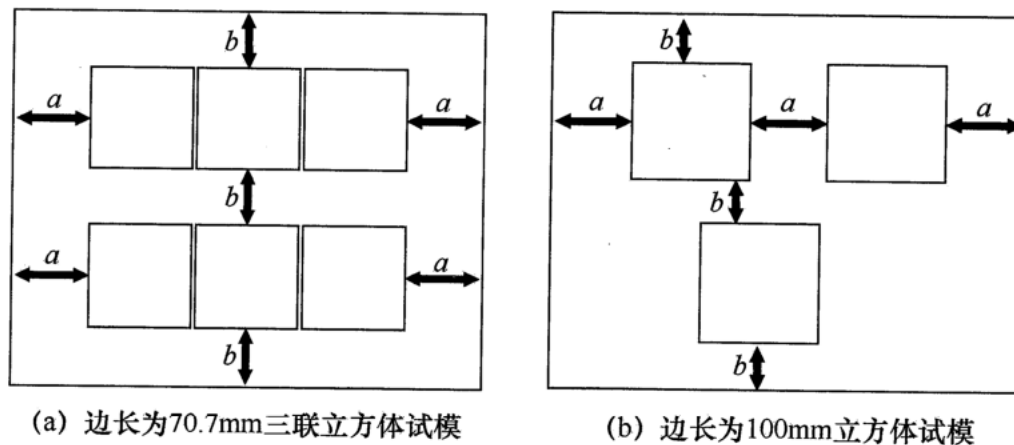


图 2 试件在微波炉中位置示意

3.2.3 热水法和温水法是在试件成型后，经短暂静置，即置于热水或温水中养护。为防止未结硬的混凝土表面受养护水的扰动，漏失水分，影响试验结果，故规定所用试模应密封或采用密封试模，且应采用钢模，因塑料试模加热后容易变形。

3.2.4 目前市售的微波炉腔体体积较小，腔内只能放置三块边长为 100mm 立方体试模或二条边长为 70.7mm 三联立方体试模。因微波炉内不能放入金属制品，因此要采用塑料试模。

3.3 混凝土水养护试验方法

3.3.1 混凝土水养护法有三种：沸水法、热水法和温水法，沸水法是试件脱模后养护，热水法和温水法是带模养护。试验时间最短的是热水法，当天即可完成，沸水法和温水法是在次日完成。可根据设备情况、工作时间安排等进行选择。

3.3.2~3.3.4 加速养护制度的确定原则，一是考虑获得较高的早期强度；二是试验周期较短，且适应一般的工作时间。

三种混凝土水养护制度中的前置时间、加速养护时间和后置时间，经三十多年的应用是合适的，本次修订未作调整。

当预拌混凝土从出料地点取样时，前置时间为从混凝土搅拌车出口或泵送出口取样，至成型、静置结束的时间。

沸水法是将脱模试件置于沸水中养护，因养护水的碱饱和度对加速养护强度有一定的影响，故规定养护水为碱饱和沸水，以减小试验误差。

3.4 混凝土微波养护试验方法

3.4.1 试模内壁涂刷的矿物油一定要均匀、完全覆盖，否则会造成脱模困难。

3.4.2 试件表面覆盖一层塑料薄膜是为了防止水分蒸发。因水分蒸发过快，会导致试块因缺水而酥裂、强度低。因试模外表面附着的水泥浆等会吸收热量，所以试模外表面要清理干净。可预先在微波炉底板上铺上一层报纸或纸巾，以吸收试模外表面残余的水泥浆、油污等。

3.4.3 对大多数混凝土来说，加热养护 6h 即可得到较高的强度。对大坍落度混凝土、大掺量粉煤灰混凝土等，因其含水率较高或早期强度较低，强度发展比较慢，可适当延长养护时间，具体时间可通过试验确定。

加热养护循环结束后，试件在标准试验环境下静置。随着静置时间的延长，混凝土强度也在不断增长。对大多数混凝土，静

置 1h 即可。因大流动性混凝土、低强度等级混凝土的强度较低，可静置 2h，以获得较高的早期强度。

边长为 70.7mm 立方体试件是按照现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 的规定进行抗压强度试验的，该标准规定砂浆抗压强度值乘以 1.35 的换算系数，因本试验为混凝土试块，故可不乘换算系数，只要保证建立和使用强度关系式的计算方法一致即可。

4 砂浆促凝压蒸法

4.1 一般规定

4.1.2 砂浆促凝压蒸法是筛除混凝土中的粗骨料后成型砂浆试件。如混凝土中的粗骨料不均匀，或有软弱颗粒、风化石等，就不能真实反映混凝土的质量。

4.1.3 采用促凝压蒸强度推定标准养护 28d 强度时，需首先通过试验建立二者的强度关系式，实际应用时再根据该公式早期推定混凝土的强度。

4.2 设 备

4.2.1 压蒸设备可采用市场上能购到的直径 240mm 高压锅，通过改装，安装压力表即可。因压蒸锅的稳定压力取决于限压阀的重量，直径 240mm 压蒸锅的压力基本上稳定在 (90 ± 10) kPa，稳定时的温度约 120℃。采用量程 0~160kPa 的压力表，比较适合测量 (90 ± 10) kPa 的压力。

4.2.2 热源要保证压蒸锅的压力在 15min 内达到稳定压力，比如 2.0kW 电炉基本可以满足这个要求。夏季或冬季可适当减小或增大热源的功率。

4.2.3 采用 40mm×40mm×50mm 三联钢模，一方面是为了使试模能放到压蒸锅内，另一方面是为了能和水泥抗压夹具配套使用。钢盖板的尺寸以能盖住试模中的砂浆为宜。

4.2.4 方孔筛的筛孔公称直径采用 5.00mm，以保证筛得的砂浆中不含粗骨料。

4.3 促 凝 剂

4.3.1 促凝剂是砂浆促凝压蒸法的关键材料。促凝剂分 CS 和

CAS 二种型号。因促凝剂放置久了容易变质，故规定保存期。

4.3.2 相同掺量下，掺 CAS 型促凝剂砂浆的凝结时间比掺 CS 型的要快。为了避免在成型过程中砂浆凝结太快以致无法成型，宜优先选用 CS 型促凝剂。对大流动性或大掺量矿物掺合料及掺缓凝型外加剂等混凝土，因其早期强度低，水化速度慢，凝结时间长，可采用 CAS 型促凝剂。

4.3.3 若促凝剂用量偏少，砂浆试件压蒸后的强度较低，容易造成强度离散大；若促凝剂用量偏多，易造成砂浆凝结过快，以致无法成型，因此合理选择促凝剂的型号和掺量是本方法的关键。

因全国各地混凝土原材料的品种及掺量千变万化，混凝土配合比也多种多样，促凝剂用量的影响也没有规律性，无法给出一个统一的掺量，因此标准规定“促凝剂用量应通过试验确定”。

以下是在验证试验中总结得出的经验，可供参考：

对流动性混凝土，因其坍落度较大，混凝土凝结时间较长，可适当提高促凝剂的用量。通过试验比较，促凝剂用量 6g（即砂浆试样质量的 1%）时比较合适。对塑性混凝土，因其坍落度较小，混凝土凝结时间较短，宜减少促凝剂的用量。试验表明，大水胶比的塑性混凝土促凝剂用量可多一些，小水胶比的塑性混凝土则要少一些，其用量范围为砂浆试样质量的 0.6%~0.8% 比较适宜。

对水胶比小于 0.4 的高强混凝土，因胶凝材料在混凝土中的相对含量较多，其凝结硬化速度相对较快，因此应减少促凝剂的用量。通过试验比较，当促凝剂用量减少到 2g（即砂浆试样质量的 0.33%）时，才能满足成型要求。

4.4 促凝压蒸试验方法

4.4.2 为防止沸水飞溅到试模上，规定水与蒸屉之间有 20mm 的距离。如果压蒸锅漏气，就不能保证 (90 ± 10) kPa 的稳定压力，所以试验前一定要检查压蒸锅，确保其不漏气。

4.4.3 留取 3kg 以上的混凝土试样，筛除粗骨料后可以成型一组砂浆试件，如果试样太少就缺乏代表性。

4.4.4 筛至粗骨料表面不粘砂浆，并基本不见砂浆落入料盘时为止，此时水泥砂浆基本上与粗骨料分离。

4.4.5 600g 砂浆刚好能装满 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 50\text{mm}$ 三联试模。为了缩短中间操作时间，需预先称好促凝剂。通过试验比较，快速搅拌 30s 基本上能使促凝剂和砂浆混合均匀。

4.4.6 试模振动时，可采用重物压住试模，以防止试模跳动。塑性混凝土因其流动性小，振动成型时间可长些，而流动性混凝土则可以短些。表 4.4.6 给出振动成型时间的范围，具体时间可通过试验确定。因促凝剂可加速砂浆的凝结，所以试验操作要快。

4.4.7 为了统一压蒸时间，应预先将压蒸锅内的水烧沸。压蒸时间是从加盖、压阀后起计，而不是从蒸汽达到稳定压力 $(90 \pm 10)\text{kPa}$ 时起计。压蒸时间一般为 1h，由于水泥品种不同（如普通型、早强型），矿物掺合料的品种及掺量又各不相同，外加剂又有缓凝型和早强型等种类，所以压蒸时间不一定限制为 1h，可根据水泥、外加剂及矿物掺合料的品种与掺量，适当延长或缩短压蒸时间，具体时间可通过试验确定。

4.4.8 为了使砂浆在相同的压力和温度下，保持相同的强度增长时间，规定每次试验都保持相同的升压时间就显得尤其重要。试验表明，采用 2.0kW 的电炉基本上能满足此要求。如果试验受季节气温影响，可通过增减热源的功率来保证压蒸过程的升压时间。

4.4.9 压蒸养护到规定时间后，一定要去阀放气，在确认压蒸锅内无气压后再开盖取出试模，以免发生意外。取试模时要带上厚手套，以防止烫伤手。为了减少因操作时间不同带来的试验误差，宜从切断热源后 5min 内进行抗压强度试验。

4.4.10 与水泥抗压强度试验一组有 6 个试件不同，本方法一组只有 3 个试件，故取 3 个试件的算数平均值。

5 扭矩测试法

5.1 一般规定

5.1.1 坍落度小的混凝土流动性较差，探测头转动时的阻力大，测试结果的误差较大，所以不适合测试坍落度 120mm 及以下的混凝土。

5.2 设 备

5.2.1 混凝土拌合物性能测试仪是利用混凝土的流变特性原理，采用旋转扭矩传感器测量混凝土的流变阻力矩，通过流变阻力矩与混凝土技术指标（如抗压强度）的相关关系计算出混凝土的主要技术指标。该仪器采用单片机技术，自动计算和校正测量数据，实现混凝土强度的预测。这种测量方式的优点是：采用已知参数预置方式进行测试，可以不依赖试验室而直接显示测试结果，方便现场使用。它能反映出流态混凝土的整体特性，尤其是对大流动性混凝土反应敏感。

5.2.2 为了保证推定结果的精确度，要求仪器的推定值相对误差为 $\pm 10\%$ 。

5.2.3 为保证被测混凝土具有代表性，规定了盛装混凝土试样用料桶的体积。

5.3 扭矩测试方法

5.3.1 为避免混凝土试样装得太满引起溢料，太少又有可能使探测头触底，影响测试的准确性，故规定取样量不少于料桶体积的 $3/4$ 。

5.3.2 根据混凝土拌合物的实际配合比，输入水泥品种、外加剂掺量、掺合料掺量以及骨料品种、粒径等参数，主要是考虑混

凝土早期强度产生于水泥及活性掺合料的水化，中后期强度产生于微细粉料的填充效应，为强度推定提供依据。

5.3.3 探测头是否垂直插入会对试验结果产生一定的影响，因此规定探测头垂直插入混凝土拌合物中，插入深度为 100mm。为了保证测试结果的均匀分布性，测点不应少于 3 个。为了防止探测头与桶壁接触、各测点相距太近，影响测试结果的代表性，规定了测点与桶边的距离以及相邻测点之间的距离。经过测试的部位，石子被拨开，如测点重合就会影响测试的准确性。

5.3.4 测试完毕，仪器会自动显示推定的标准养护 28d 混凝土强度。

6 早 龄 期 法

6.0.1~6.0.5 以早龄期 3d、7d 标准养护混凝土强度推定标准养护 28d 强度的方法，也是一种有效、可行的早期推定混凝土强度的方法，在实际工作中也广泛应用。

受各种因素的影响，采用该方法进行早期推定也是存在误差的，因此有必要对试验条件、试件尺寸及试件的成型、养护、抗压试验以及强度关系式的建立等加以规范。

7 混凝土强度关系式的建立与强度的推定

7.0.1 因水泥品种、粗细骨料品种、矿物掺合料的品种和掺量、外加剂种类以及混凝土坍落度等均影响混凝土强度的增长速率，因此应采用与工程实际使用相同的原材料建立强度关系式，且混凝土坍落度与工程所用的相近。当主要原材料发生变化时需重新建立强度关系式。

7.0.2 可根据本单位的具体情况选择其中的一种快测方法，建立和使用其强度关系式时，要采用同一种快测方法。

7.0.3 为便于对各次建立的回归方程的线性显著性进行比较，对观测值的数量（即成对试验数据组数）应有一个统一的规定。虽然观测值的数量越多，推定值越准确，但考虑到试验工作量不能太大，同时，参考国外同类标准的相关规定，确定建立回归方程的试件数量不应少于 30 对组。

回归方程中 f_{cu}^a 的变化范围（幅度）对回归方程的稳定性有直接影响，所以对 f_{cu}^a 的变化范围要有适当规定。考虑到常用强度等级混凝土水胶比的变化幅度，规定了在建立回归方程式时，混凝土的最大、最小水胶比之差不宜小于 0.2。

7.0.4 通过对试验结果的回归分析，加速养护强度、早龄期强度与标准养护 28d 强度之间具有较好的线性相关性。因线性回归方程计算简便，可优先选择线性回归方程作为混凝土强度关系式。有些情况下，幂函数回归方程比线性回归方程的显著性高一些。通过对变量的适当变换，把非线性的相关关系转换成线性的相关关系，然后用线性回归的方法进行计算。实际应用中，可选择相关性较好的回归方程作为混凝土强度关系式。

7.0.5 衡量回归方程相关显著性的参数是相关系数，用加速养护（压蒸养护）强度推定标准养护 28d 强度的精确度一般用剩余

标准差表示，因此规定了需计算强度关系式的相关系数和剩余标准差，据此判断本次试验所建立的混凝土强度关系式是否可用。

目前现场搅拌混凝土基本被混凝土搅拌站所取代，从混凝土搅拌站生产线上取样所建立的混凝土强度关系式的精度，比试验室采用相同材料、相同配合比进行试验所建立的强度关系式的精度低，所以本次修订将剩余标准差不应大于标准养护 28d 强度平均值的 10% 调整为 12%。

7.0.6 实际应用时，加速养护（压蒸养护）强度应在所建立的回归线范围内，不应外延，否则关系式的精度难以保证。

7.0.7 回归方程与试验所用原材料（主要是水泥、掺合料、外加剂）的品种和质量有直接关系，水泥强度、掺合料品种及掺量、外加剂种类的变化，会带来混凝土强度关系式系数的变化，它对推定误差有较大影响。为了保证强度关系式的精确度，可用混凝土生产中积累的数据校核强度关系式。若无异常情况，可用积累的数据加原有试验数据修订原强度关系式；当发现有系统误差时，应重新建立混凝土强度关系式。