

ICS 91.100.30
Q 13

CBMF

中国建筑材料协会标准

T/CBMF 37—2018
T/CCPA 7—2018

超高性能混凝土基本性能与 试验方法

Fundamental characteristics and test methods of
ultra-high performance concrete

2018-11-07 发布

2019-02-01 实施

中国建筑材料联合会 发布
中国混凝土与水泥制品协会



版权保护文件

本标准适用于超高性能混凝土的基本性能分级与检验。请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准发布机构不承担识别这些专利的责任。本标准版权所有归属于该标准的发布机构。除非有其他规定，否则未得许可，此发行物及其中章节不得以其他形式或任何手段进行生产和使用，包括电子版、影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可于发布机构获取。

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和符号	1
3.1 术语	1
3.2 符号	2
4 基本性能与分级	2
4.1 基本性能要求	2
4.2 抗渗性能分级	2
4.3 抗拉性能分级	2
4.4 抗压性能分级	3
4.5 分级标记	3
5 试验方法	3
5.1 试验环境及基本要求	3
5.2 试件制备	3
5.3 试验龄期	4
5.4 性能测定	4
附录 A (规范性附录) 抗渗性能试验方法	5
附录 B (规范性附录) 抗拉性能试验方法	8

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会和中国混凝土与水泥制品协会共同提出并归口。

本标准负责起草单位：清华大学、江西贝融循环材料股份有限公司、南京倍立达新材料系统工程股份有限公司。

本标准参加起草单位：哈尔滨工业大学、福州大学、武汉大学、西交利物浦大学、同济大学、华南理工大学、北京市市政工程研究院、广东盖特奇新材料科技有限公司、建华建材（中国）有限公司、江苏苏博特新材料股份有限公司、中交第二航务工程局有限公司、山东省交通科学研究院、哈尔滨松江混凝土构件有限公司、江西省建筑材料工业科学研究设计院、华新水泥股份有限公司、中建西部建设股份有限公司、北京市高强混凝土有限责任公司、北京市燕通建筑构件有限公司、北京惠诚基业工程技术有限责任公司、赣州大业金属纤维有限公司、上海真强纤维有限公司、广州市玖珂塘材料科技有限公司、埃肯国际贸易（上海）有限公司、山东大元实业股份有限公司、上海复培新材料技术有限公司、北京城建集团有限责任公司。

本标准主要起草人：路新瀛、赵筠、曾庆东、张庆欢、樊建生、吴香国、师海霞、何真、鲁亚、黄卿维、黄伟、张国志、肖敏、刘福财、刘建忠、薛会青、郭保林、季学阳、夏骏、袁慧雯、朱雪峰、黄劲、孙启力、张孝臣、齐广华、蒋睿、蔡亚宁、赵顺增、金伟华、赵文成、王俊颜、陈飞翔、杨医博、王恒昌、刘松柏、李海卿、柴天红、赵志刚、王增浩、韩治健、闵洋洋、谭洪光、杨荣俊、任恩平、刘华明、李文成、王阳、谢广宪、刘兆祥、宋四根、柯雄、杨磊、都清、周瑞华、季龙泉、李飞、戚德海、杨树桐、范忠辉、夏春蕾、苟德胜、姜瑞双、李路帆、张敦谱、刘加平、陈宝春、唐振中。

本标准主要审查人：徐永模、周丽玮、张君、丁建彤、黄政宇、方志、包琦玮、杨思忠、谢永江、奚飞达、周永祥、张涛、王军、周志敏。

本标准为首次发布。

超高性能混凝土基本性能与试验方法

1 范围

本标准规定了超高性能混凝土的术语和符号、基本性能与分级及试验方法。
本标准适用于超高性能混凝土的基本性能分级与检验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准

3 术语和符号

3.1 术语

3.1.1

超高性能混凝土 ultra-high performance concrete

超高性能混凝土是指兼具超高抗渗性能和力学性能的纤维增强水泥基复合材料。

3.1.2

抗渗性能 impermeability

混凝土抵抗流体或离子在其中传输的能力。本标准用氯离子扩散系数表征。

3.1.3

弹性极限抗拉强度 elastic limit tensile strength

单轴拉伸试验过程中试件达到弹性极限时所对应的拉应力。即拉应力-应变曲线上由线性转为非线性的转折点所对应的拉应力。

注：图1中A点对应的拉应力 f_{te} 即为弹性极限抗拉强度。

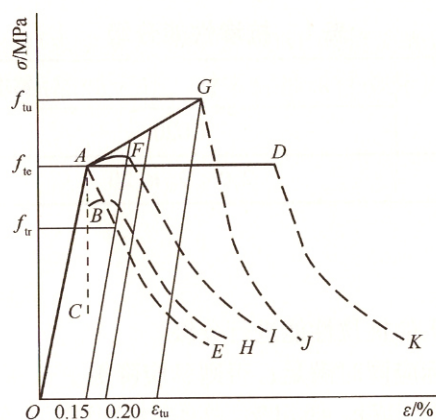


图1 拉伸应力-应变曲线示意图

3.1.4

应变硬化 strain hardening

单轴拉伸试验过程中试件的拉应力超过弹性极限抗拉强度后，拉应力随应变增大而不上升的现象。

注：图1中线段AD、AF、AG均为应变硬化。

3.1.5

应变软化 strain softening

单轴拉伸试验过程中试件的拉应力超过抗拉强度后，拉应力随应变增大而连续下降的现象。

注1：图1中线段AE、BH、DK、FI、GJ均为应变软化。

注2：图1中线段AC为脆断，不属于应变软化。

3.1.6

预混料 premix

由水泥、矿物掺和料和/或骨料按级配或性能要求而配制的干粉料。预混料中可含有化学外加剂。除非要求，预混料中一般不含纤维；纤维宜单独包装。

3.2 符号

D_{Cl} ——氯离子扩散系数，单位为平方米每秒 (m^2/s)；

f_{cu} ——立方体抗压强度，单位为兆帕 (MPa)；

f_{te} ——弹性极限抗拉强度，单位为兆帕 (MPa)；

f_{tr} ——规定变形值下所对应的拉伸强度，单位为兆帕 (MPa)；

f_u ——抗拉强度，单位为兆帕 (MPa)；

ϵ_u ——峰值拉应变。

4 基本性能与分级

4.1 基本性能要求

4.1.1 超高性能混凝土应同时满足所规定的抗渗性能和抗拉性能等级要求。

4.1.2 对抗压性能有要求的，超高性能混凝土还应同时满足所规定的抗压性能等级要求。

4.2 抗渗性能分级

按表1对超高性能混凝土的抗渗性能进行分级。

表1 抗渗性能分级

参数	要求	
	UD20	UD02
$D_{Cl}/(\times 10^{-14} m^2/s)$	$2.0 < D_{Cl} \leq 20$	≤ 2.0

4.3 抗拉性能分级

4.3.1 按表2对超高性能混凝土的抗拉性能进行分级。

4.3.2 同一等级中所列出的指标应同时满足；否则，应降级。

注：如 $f_{te} = 8.5 MPa$ ，但 $f_u/f_{te} = 1.0$ ，或 $\epsilon_u = 0.10\%$ ，则等级应为 UT05，不应为 UT07。

4.3.3 表2中的 UT05 等级允许应变软化，且当变形达到 0.15% 时，对应的拉伸强度 f_{tr} 宜不小于 3.5 MPa。

注： $f_{te} > 5.0\text{MPa}$ ，有应变硬化行为，但不满足 UT07 等级指标要求时，应归于 UT05 等级，如 $f_{te} = 7.0\text{MPa}$ ， $f_{tu}/f_{te} = 1.1$ ，但 $\varepsilon_{tu} = 0.10\%$ 时。

表 2 抗拉性能分级

参数	要求		
	UT05	UT07	UT10
f_{te}/MPa	≥ 5.0	≥ 7.0	≥ 10.0
f_{tr}/MPa	≥ 3.5	—	—
f_{tu}/f_{te}	—	≥ 1.1	≥ 1.2
$\varepsilon_{tu}/\%$	—	≥ 0.15	≥ 0.20

注：表中 f_{tr} 为变形达到 0.15% 时对应的拉伸强度。

4.4 抗压性能分级

按表 3 对超高性能混凝土的抗压性能进行分级。

表 3 抗压性能分级

参数	要求		
	UC120	UC150	UC180
f_{cu}/MPa	$120 \leq f_{cu} < 150$	$150 \leq f_{cu} < 180$	$180 \leq f_{cu} < 210$

4.5 分级标记

按超高性能混凝土的抗渗性能等级、抗拉性能等级、抗压性能等级顺序对混凝土的性能进行分级标记。各类分级中重复的“U”字符，只保留首个；各类分级间空一格。

示例 1：UD02 T10 表示超高性能混凝土满足抗渗性能 UD02 等级和抗拉性能 UT10 等级要求。

示例 2：UD02 C180 表示超高性能混凝土满足抗渗性能 UD02 等级和抗压性能 UC180 等级要求。

示例 3：UD02 T10 C180 表示超高性能混凝土满足抗渗性能 UD02 等级、抗拉性能 UT10 和抗压性能 UC180 等级要求。

5 试验方法

5.1 试验环境及基本要求

5.1.1 试验环境条件和试验基本要求应满足 GB/T 50081 的相关规定。

5.1.2 试件制作和养护除满足本标准规定外，对本标准未作规定的，还应满足 GB/T 50081 的相关规定。

5.2 试件制备

5.2.1 仪器设备

应满足 GB/T 50081 的相关规定。

5.2.2 搅拌

按以下方式之一对超高性能混凝土进行搅拌：

a) 变速强制搅拌：采用可调速强制式搅拌机进行搅拌。根据所用纤维的种类和掺量，总搅拌时间宜控制在 5min ~ 15min 内。可采用如下搅拌程序：首先中速干拌水泥及其他粉料 0.5min ~ 2min；然后加入 2/3 的水和全部减水剂，搅拌至拌合物呈面团状；然后加入剩余的水，快速搅拌

1min~2min,直至胶凝材料 and 外加剂充分分散并混合均匀;之后,慢速搅拌,同时均匀加入纤维,全部加入纤维后慢速搅拌 1min~3min。

b) 定速强制搅拌:采用定速强制式搅拌机搅拌,加料顺序应符合 5.2.2(1)中的规定,每段搅拌时间宜根据拌合物的流动状态适当调整。总搅拌时间宜控制在 20min 内。

c) 其他方式搅拌:采用逆流式、振动式搅拌机或其他方式搅拌时,加料顺序和搅拌时间可根据实际情况进行调整。

d) 预混料的搅拌:采用预混料的,宜按预混料使用说明书中的要求进行搅拌。

5.2.3 成型

按以下要求对超高性能混凝土试件进行成型:

a) 对于坍落扩展度介于 700mm~900mm 的拌合物,宜从试模的一侧开始浇筑,一次浇筑完毕,不宜振动成型。

b) 对于坍落扩展度介于 500mm~700mm 的拌合物,宜根据试件厚度分层浇筑,且控制每层厚度不宜大于 30mm。每层浇筑后,可用橡胶锤轻敲侧模排除气泡。

c) 对于坍落扩展度小于 500mm 的拌合物,宜根据试件厚度分层浇筑,每层厚度不宜超过 50mm。在每层浇筑后,可在振动台上振动 5s~15s 以排除气泡。

d) 对于实际应用中采用挤压、喷射等其他方式成型的混凝土,成型方式宜与实际应用一致,通过切割和机械加工,制备出满足本标准规定尺寸的试件。

5.2.4 养护

按以下要求对超高性能混凝土试件进行养护:

a) 混凝土试件成型后,应立即在试模表面覆盖塑料薄膜,避免水分散失;

b) 采用以下标准蒸汽养护、标准常温养护或非标准养护方式之一对混凝土试件进行养护:

1) 标准蒸汽养护:在 GB/T 50081 规定的试验环境下,静停 24h 后脱模;将脱模后的试件放入蒸养箱,以不超过 15°C/h 的速率升温至 90°C ± 1°C,恒温 48h,然后以不大于 15°C/h 的速率降温至 20°C ± 5°C。

2) 标准常温养护:按 GB/T 50081 规定的标准养护。

3) 非标准养护:采用与施工现场同条件的养护方式进行养护,或其他规定条件下的养护。采用非标准养护方式的,应注明试件试验前的养护条件,包括脱模前后的养护温度、湿度、表面覆盖及存放时间等信息。

5.3 试验龄期

5.3.1 采用标准蒸汽养护的试件试验龄期宜为 7d。标准蒸汽养护后的试件应在 GB/T 50081 规定的试验环境下存放至试验龄期。

5.3.2 采用标准常温养护的试件试验龄期宜为 28d。

5.3.3 采用非标准养护的试件试验龄期可单独约定,应在试验报告中注明。

5.4 性能测定

5.4.1 超高性能混凝土的抗渗性能按附录 A 进行测定。

5.4.2 超高性能混凝土的抗拉性能按附录 B 进行测定。

5.4.3 超高性能混凝土的抗压性能按 GB/T 50081 进行测定,且满足:

a) 标准立方体试件尺寸为 100mm × 100mm × 100mm,每组 6 个试件。取与平均值偏差小于 15% 的试件平均值作为测定值。与平均值偏差小于 15% 的试件数量不应低于 4 个;否则,应重新进行试验。

b) 测定结果折算成 150mm × 150mm × 150mm 立方体抗压强度时,乘以 1.0。

附录 A
(规范性附录)
抗渗性能试验方法

A.1 总则

A.1.1 本附录规定了超高性能混凝土的抗渗性能试验方法。

A.1.2 本方法适用于不含导电物质的混凝土。

A.1.3 对于含钢纤维、碳纤维或其他导电物质的超高性能混凝土，应采用去除导电物质的拌合物试件进行试验。

A.2 试验原理

将待测混凝土试件按 A.7.2 进行真空饱盐，测定其电导率；利用 Nernst-Einstein 方程，由饱盐试件电导率计算其中的氯离子扩散系数。

A.3 试件尺寸和数量

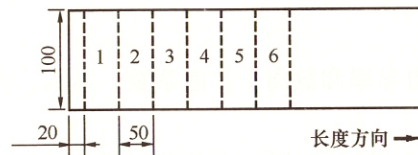
A.3.1 试件尺寸：厚度为 $50\text{mm} \pm 1.0\text{mm}$ ；截面为 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 或 $\phi 100\text{mm}$ 。

A.3.2 试件数量：每组 3 块。

A.4 试件制作

按 5.2 进行试件制备。

如图 A.1，将满足 A.3.1 截面尺寸的混凝土长方体或圆柱体，沿其长度方向，去除其端部的 20mm；然后再依次切取满足 A.3.1 规定厚度的待测试件。待测试件的两截面应平行、平整，且在 A.5.2 的电极测试区域内不应含有尺寸超过 1mm 的气泡。



单位为毫米

说明：

1,2,3,4,5,6——试件编号

图 A.1 试件制作示意图

A.5 试验仪器及装置

A.5.1 真空饱盐设备由干式真空泵、真空室、气路和水路、手动或自动控制装置组成，可在 -0.08MPa 真空度下稳定工作。所有气路、水路及控制管路均应耐氯离子腐蚀。

A.5.2 试件夹具应用绝缘材料制备，其上应设有上下对中的 $\phi 50\text{mm}$ 两紫铜电极，两紫铜电极间的上下间距应可调，以便于取放待测试件。

A.5.3 试验设备宜选用直流电导量程为 $0.5\mu\text{S} \sim 10\text{mS}$ 的全自动试验设备。可选用以下测量范围的半自动设备：

- a) 直流电压输出范围： $50\text{mV} \sim 5.0\text{V}$ ；
- b) 直流电流测量范围： $1.0\mu\text{A} \sim 50\text{mA}$ ；

c) 测量精度：在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ 内， $\leq 1.0\%$ 。

A.6 设备校准

A.6.1 校准方法

将 0.1% 精度的 $1\text{k}\Omega$ 、 $10\text{k}\Omega$ 、 $100\text{k}\Omega$ 精密电阻，以及 1.0% 精度的 $500\text{k}\Omega$ 、 $1\text{M}\Omega$ 、 $2\text{M}\Omega$ 电阻依次接入试验设备的两测量端，且满足：

- a) 全自动设备：在设备校准模式下，测定的电阻值应与被测校准电阻的数值和精度一致；
- b) 半自动设备：在 2.0V 及 4.0V 下，测定的电阻值应与被测校准电阻的数值和精度一致。

A.6.2 校准频次

同批试件测量前应校准一次；设备工作状态或测定结果出现异常时，应进行校准。

A.7 试验步骤

A.7.1 溶液配制

用分析纯 NaCl 和蒸馏水，配制浓度为 4.0mol/L 的 NaCl 溶液，静置 24h 后备用。

A.7.2 真空饱盐

将待测试件垂直放于真空室中，在试样表面垂直放置一液位传感器（若为透明容器，则无需设置），然后开启真空泵和气路开关，干抽真空；在小于 -0.08MPa 的真空度下，干抽 6h ；之后，断开气路，打开水路开关，将 4.0mol/L 的 NaCl 溶液注入真空室，至液位指示灯熄灭（若为透明容器，观察至溶液没过试样顶面）时停止；关闭水路开关，重新打开气路开关，湿抽真空，维持真空度在 -0.08MPa 以下。以开始干抽真空至 -0.08MPa 时作为计时起点，总的抽真空时间为 24h 。

A.7.3 氯离子扩散系数测定

A.7.3.1 试件安放

将饱盐后的待测试件从真空室取出，用干净毛巾将试件所有表面擦干，然后放入上下对中的两紫铜电极间，确保两紫铜电极与待测试件的上下表面良好电接触。

注：可用滴管在与试件底面接触的电极表面中心以及试件顶面中心各滴 1 滴饱盐溶液，以消除接触电阻，保证电极与试件的良好电接触。

A.7.3.2 全自动设备测定

由仪器直接提供待测试件的电导率和氯离子扩散系数，显示、存储或打印。

A.7.3.3 半自动设备测定

可从 1.0V 开始，按 0.5V 或 1.0V 的间隔，对待测试件由小到大施加直流电压，至 5.0V ；记录流过两电极间的稳定直流电流，按式 (A.1)、式 (A.2) 计算各施加电压下试件中的饱盐电导率和氯离子扩散系数：

$$\sigma_i = \frac{I_i}{V_i} \cdot \frac{L}{\pi r^2} \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

$$D_i = \frac{R t_{\text{Cl}}}{z^2 F^2 C} \times \sigma_i \times T \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中：

σ_i —— V_i 电压下测得的试件电导率，保留两位有效数字，单位为西门子每米 (S/m)；

I_i ——对应于施加 V_i 的直流电流，单位为安培 (A)；

V_i ——施加在试样上的直流电压，单位为伏特 (V)；

L ——试样厚度，为 $5.0 \times 10^{-2}\text{m}$ ；

r ——紫铜电极半径，为 $2.5 \times 10^{-2}\text{m}$ ；

D_i —— V_i 电压下的氯离子扩散系数，保留两位有效数字，单位为平方米每秒 (m^2/s)；

R ——气体常数，为 $8.314\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ；

t_{Cl} ——氯离子迁移数，取为 1.0；

z ——氯离子化合价，为 -1；

F ——法拉第常数，为 96500C/mol；

C ——氯离子浓度，取饱和溶液浓度 $4.0 \times 10^3 \text{ mol/m}^3$ ；

T ——试验环境温度，单位为开尔文 (K)，如为 25℃，则 $T = 273.15 + 25 = 298.15 \text{ K}$ 。

示例：25℃下，施加直流电压 5.0V，测得直流电流为 0.5mA，计算出的饱和试件电导率约为 $2.5 \times 10^{-3} \text{ S/m}$ 、氯离子扩散系数约为 $17 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{s}$ 。

A.8 结果计算

A.8.1 全自动设备

计算 3 个试件测量结果的平均值，若其中 2 个或以上测量结果与平均值之差在 15% 以内，则取偏差在 15% 以内的测量结果的平均值作为被测混凝土中的氯离子扩散系数 D_{Cl} ，保留两位有效数字；若其中 2 个或以上测量结果与平均值之差超过 15%，应重新制样进行试验，或取其中最大值作为被测混凝土的测定值 D_{Cl} 。

A.8.2 半自动设备

对于每个试件，宜在不少于 5 个电压值下进行测定，取测量结果与平均值相差在 10% 以内的 D_i 进行平均，作为该试件的测定值，记为 D_j 。

计算 3 个试件测定值 D_j 的平均值，若其中 2 个或以上测定值 D_j 与平均值之差在 15% 以内，则取偏差在 15% 以内的平均值作为被测混凝土中的氯离子扩散系数 D_{Cl} ，保留两位有效数字；若其中 2 个或以上测定值与平均值之差超过 15%，应重新制样进行试验，或取其中最大的 D_j 值作为被测混凝土的测定值 D_{Cl} 。

A.9 试验报告

A.9.1 试验报告按 GB/T 50081 的有关规定进行编制。

A.9.2 试验报告中记录原始测定数据、被测混凝土试件的饱和电导率和氯离子扩散系数。

附录 B
(规范性附录)
抗拉性能试验方法

B.1 总则

B.1.1 本附录规定了超高性能混凝土的抗拉性能试验方法。

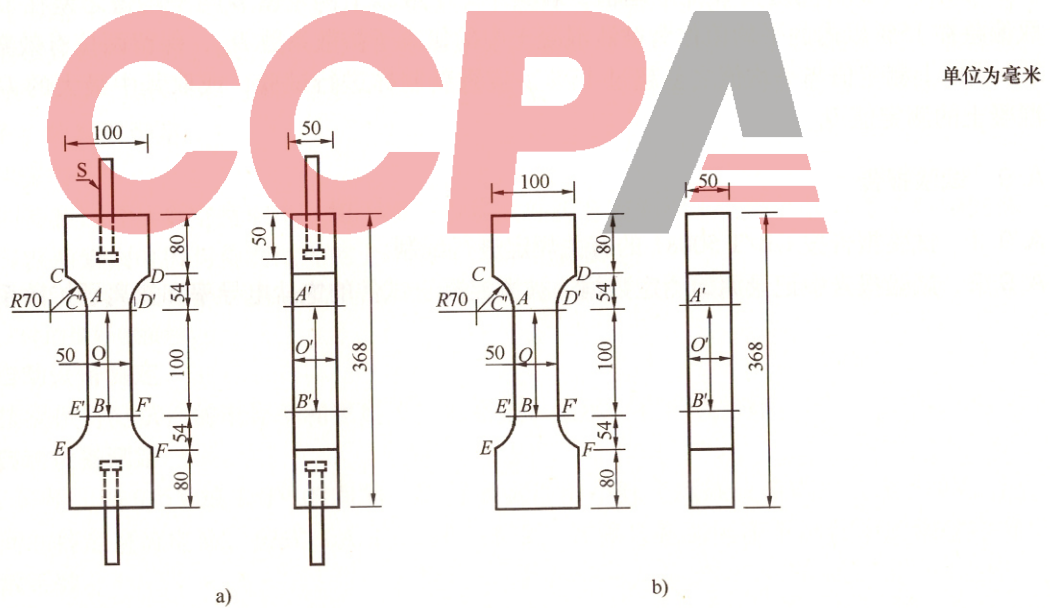
B.1.2 本方法适用于超高性能混凝土的弹性极限抗拉强度、弹性极限拉应变、抗拉强度、峰值拉应变和抗拉弹性模量的测定。

B.2 试件尺寸和数量

B.2.1 试件分两种：预埋栓钉试件和无栓钉试件。

B.2.1.1 预埋栓钉试件尺寸见图 B.1a)。

B.2.1.2 无栓钉试件尺寸见图 B.1b)。



说明:

A、B——测量标距点，间距为 $100\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ ；

A'、B'——测量标距点，间距为 $100\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$ ；

C'D'CD、E'F'EF——引伸仪固定架安装位置区域；

O——成型试件底面的中心点；O'——成型试件侧面的中心点；

S——高强度拉杆，根据拉力试验机夹头规格，可选 $\phi 16\text{mm}\sim\phi 22\text{mm}$ 、长度不小于 100mm 的标准栓钉，也可自行设计加工；拉杆埋深为 50mm 。

A'、B'点及其对称点位置为引伸仪测量位置；O、O'点及其对称点为应变片粘贴位置，A、B点及其对称点处也可粘贴应变片。

CC和EE'、DD'和FF'弧线分别与C'E'、D'F'直线相切。

图 B.1 试件尺寸示意图

B.2.2 试件数量：每组 6 个。

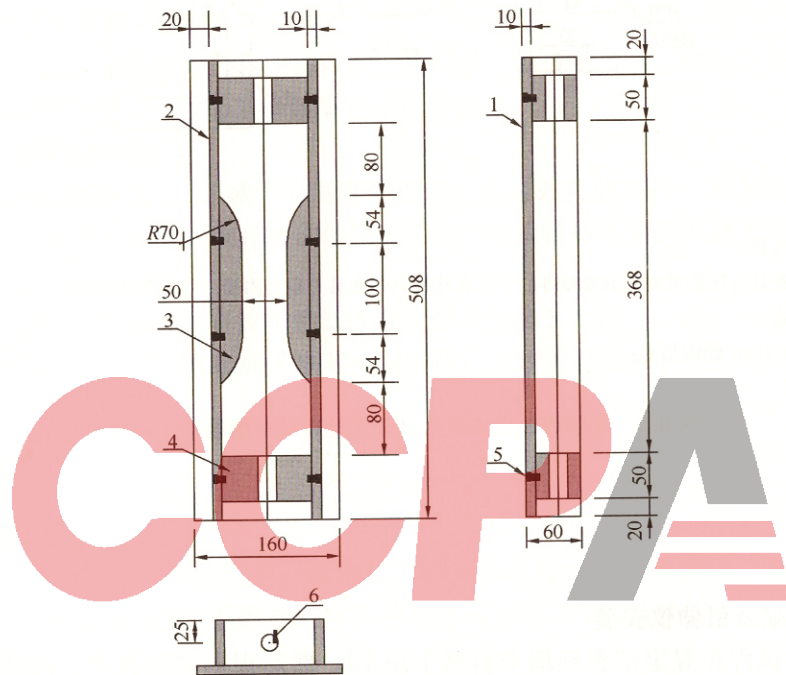
B.3 试件制作

B.3.1 试模加工

B.3.1.1 预埋栓钉试件试模

按图 B.2 加工试模。试模内表面加工粗糙度 Ra 不宜大于 $1.6\mu m$ ，各模板加工公差宜大于 $\pm 0.002mm$ 。两端板中心的拉杆穿孔应严格对中，保证试件成型后两端拉杆中心偏心不超过 $0.2mm$ 。

单位为毫米



说明：

- 1——底板；
- 2——侧模板；
- 3——带弧内侧板，弧面与其直平面相切，直平面长度为 $100mm \pm 0.1mm$ ；
- 4——带孔端板；
- 5——定位螺丝；
- 6——高强度拉杆穿孔，其直径与拉杆直径之差宜大于 $0.4mm$ 。

拉杆应由端板顶面的定位螺丝 5 固定。

模具宜采用模具钢，刷涂薄层黄油或机油进行防腐，可兼作脱模剂。

可在底板两端设置把手，以利于搬动。

图 B.2 预埋栓钉试件试模示意图

B.3.1.2 无栓钉试件试模

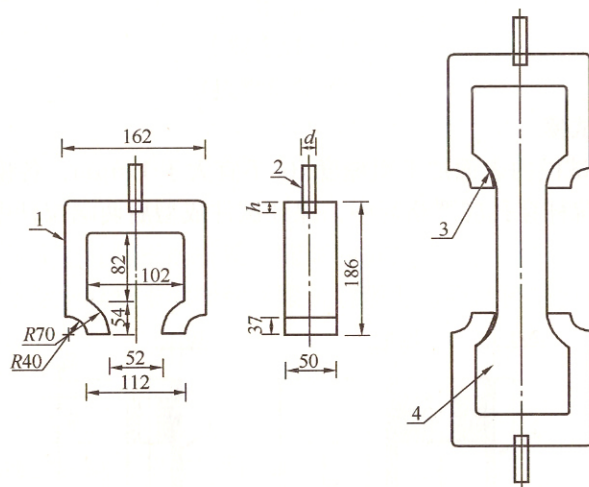
将图 B.2 中的带孔端板改为无孔端板。无孔端板厚度宜为 $10mm \sim 20mm$ ；底板和侧模板长度宜根据无孔端板厚度变化而相应缩短。

B.3.2 试件制作

试件的浇筑、成型、养护按本标准第 5 章中有关规定进行。

B.4 试验仪器

试验仪器应满足 GB/T 50081 中轴向拉伸试验方法的要求，其中，拉力试验机可按位移控制模



说明:

- 1——无栓钉试件夹具;
- 2——无栓钉试件夹具与试验机夹头的连接件, 它与无栓钉试件夹具 1 垂直固接; 宜为螺杆或钢板; 尺寸 d 和 h 根据试验机夹头要求而定;
- 3——厚 0.7mm ~ 1.0mm 的铝垫片;
- 4——无栓钉试件。

图 B.3 无栓钉试件夹具及其与无栓钉试件的组装示意图

式进行加载。

B.5 试验步骤

B.5.1 应变片粘贴及引伸仪安装

宜于试验前将试件在规定试验环境中自然干燥 1d。然后根据试验要求, 按图 B.1 中的说明, 用 502 或其他快干胶在试件两侧面和试件成型底面粘贴应变片; 用固定架在试件两侧面安装引伸仪。

B.5.2 试件安装

B.5.2.1 预埋栓钉试件安装

将预埋栓钉试件上、下任意一端与试验机夹头固定, 然后升降拉力试验机至合适高度, 调整试件朝向, 将试件另一端固定。

B.5.2.2 无栓钉试件安装

如图 B.3 所示, 将无栓钉试件 4 放置于两试件夹具 1 中, 保证两试件夹具的连接件 2 与无栓钉试件 4 的中轴线一致并对中。在无栓钉试件 4 与试件夹具 1 之间放置厚度为 0.7mm ~ 1.0mm 的铝垫片 3; 铝垫片 3 的尺寸和形状, 与试件夹具 1 和无栓钉试件 4 的接触面相同。

将如图 B.3 中组装好的待测试件上端与拉力试验机的上夹头固定, 升降拉力试验机至合适高度, 调整无预埋栓钉试件朝向, 将组装好的待测试件下端固定。

B.5.3 偏心检查

首先确保各应变片、引伸仪正常工作, 并调零; 然后对试件施加小于 3kN 的拉力, 读取各应变片读数, 计算试件偏心率, 计算公式见 GB/T 50081 的轴向拉伸试验方法; 调整试件, 使试件偏心率不超过 15%。

B.5.4 加载及拉伸程序设定

B.5.4.1 加载模式分为荷载控制加载、位移控制加载和混合分段加载:

B.5.4.1.1 荷载控制加载：试件对中后，以 0.1MPa/s 的加载速率加载至试件拉断。

B.5.4.1.2 位移控制加载：试件对中后，在试件开裂前，按 0.06mm/min 的加载速率进行加载；试件开裂后至最大拉力前，按 0.2mm/min 的加载速率进行加载；达到最大拉力后，按 0.5mm/min 的加载速率进行加载，至试件拉断。

B.5.4.1.3 混合分段加载：试件对中后，按荷载控制加载模式加载至试件开裂，然后按试件开裂后的位移控制加载模式加载至试件拉断。

B.5.4.2 采用位移控制加载模式时，可先按 0.2mm/min 的加载速率对一个试件加载至试件拉断；之后，按 B.6 计算该试件的弹性极限抗拉强度和抗拉强度，根据计算结果，设定其余试件的拉伸程序。

B.5.5 应力-应变及荷载-位移曲线记录

采用电脑同步记录试件拉伸过程中的荷载、应变及引伸仪的位移。试件开裂前，数据采集频率宜不小于 2Hz；试件开裂后，数据采集频率宜不小于 5Hz。

B.5.6 有效拉伸试件判定

B.5.6.1 裂纹落在图 B.1 中 AB 或 A'B' 标距内的试件为有效拉伸试件。当有效拉伸试件数量不少于 3 个时，该组试验结果有效，取有效试件测定结果的平均值作为该组混凝土的测定值；否则，应重新进行试验。

B.5.6.2 如果预埋栓钉试件的有效拉伸试件数量难以达到 3 个以上，且裂纹落在标距以外时，可在预埋栓钉试件两端粘贴碳纤维布或采取其他加强措施重新进行试验；或尝试改用无栓钉试件进行试验。

B.6 结果计算

B.6.1 弹性极限抗拉强度

在应变片记录的应力-应变曲线中，取由线性转为非线性的点作为弹性极限点，该点所对应的拉应力即为弹性极限抗拉强度。当弹性极限点不明显时，取 200 微应变对应的拉应力作为弹性极限抗拉强度。

取同一试件上各应变片测量结果的中间值作为该试件的测定值，取有效拉伸试件的平均值作为该组混凝土的测定值。

B.6.2 抗拉弹性模量和弹性极限拉应变

由各应变片记录的应力-应变曲线，按 GB/T 50081 轴向拉伸试验方法的规定，计算出每条曲线对应的弹性模量，取中间值作为该被测试件的抗拉弹性模量。

取有效拉伸试件弹性模量的平均值作为该组混凝土的抗拉弹性模量。

由 B.6.1 得到的该组混凝土的弹性极限抗拉强度除以抗拉弹性模量即得该组混凝土的弹性极限拉应变。取 200 微应变确定弹性极限强度的，其弹性极限拉应变记为 200 微应变。

B.6.3 抗拉强度与峰值拉应变

试件的抗拉强度为最大拉力除以试验前测量的标距中心初始截面面积。对应抗拉强度的应变即为峰值拉应变。可按 GB/T 50081 中轴向拉伸试验方法的规定，由应力-应变曲线或荷载-位移曲线确定并计算试件的抗拉强度和峰值拉应变。

取各应力-应变曲线或荷载-位移曲线计算出的抗拉强度中间值作为被测试件的抗拉强度。取各峰值拉应变的中间值，作为被测试件的峰值拉应变。

取有效拉伸试件的抗拉强度、峰值拉应变的平均值作为该组混凝土的抗拉强度和峰值拉应变。

B.7 试验报告

B.7.1 试验报告按 GB/T 50081 的有关规定进行编制。

T/CBMEF 37—2018/T/CCPA 7—2018

B.7.2 提供各试件测试中间值所对应的应力-应变或荷载-位移曲线，在曲线上标示出弹性极限抗拉强度和抗拉强度的取值点；标明加载模式。

B.7.3 提供被测混凝土的弹性极限抗拉强度、弹性极限拉应变、抗拉强度、峰值拉应变和抗拉弹性模量。





中国建筑材料协会标准
超高性能混凝土基本性能与
试验方法

T/CBMF 37—2018
T/CCPA 7—2018

*

中国建材工业出版社出版
各地新华书店经售
北京雁林吉兆印刷有限公司印刷
版权所有 不得翻印

开本 880mm×1230mm 1/16 印张 1.5 字数 45千字
2018年11月第一版 2018年11月第一次印刷
印数：1~1100册 定价：18.00元
统一书号：155160·1457



本社网址：www.jccbs.com 电话：(010) 88386906
地址：北京市海淀区三里河路1号 邮编：100044
本标准如出现印装质量问题，由我社市场营销部负责调换。