

ICS 91.100.30

Q13

CBMF

中国建筑材料协会标准

T/CBMF XX—202X
T/CCPA XX—202X

超高性能混凝土预混料

Premix of Ultra-High Performance Concrete

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国建筑材料联合会
中国混凝土与水泥制品协会

发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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：中国混凝土与水泥制品协会。

本标准参加起草单位：

本标准主要起草人：

本标准主要审查人：

超高性能混凝土预混料

1 范围

本标准规定了超高性能混凝土预混料与超高性能混凝土基体预混料的术语和符号、一般规定、原材料基本质量要求、产品类别、性能分级和标识方法、技术要求、试验方法、检验规则、预混料产品的出厂检验报告、使用说明书和保质期、标识、包装、运输和贮存。

本标准适用于超高性能混凝土预混料和超高性能混凝土基体预混料。

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 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 200 中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥
- GB/T 748 抗硫酸盐硅酸盐水泥
- GB/T 2015 白色硅酸盐水泥
- GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB 9774 水泥包装袋
- GB/T 10454 集装袋
- GB/T 12573 水泥取样方法
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 18736 高强高性能混凝土用矿物外加剂
- GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维
- GB/T 23265 水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维
- GB/T 23439 混凝土膨胀剂
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 31387—2015 活性粉末混凝土
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计规范
- GB/T 51003 矿物掺合料应用技术规范
- JC/T 572 耐碱玻璃纤维无捻粗纱
- JC/T 870 彩色硅酸盐水泥
- JC/T 2361 砂浆、混凝土减缩剂
- JGJ 63 混凝土用水标准
- T/CBMF 37 (T/CCPA 7) 超高性能混凝土基本性能与试验方法
- CECS 13—2009 纤维混凝土试验方法标准

3 术语和符号

3.1 术语

3.1.1

超高性能混凝土预混料 premix with fibers for ultra-high performance concrete (PF-UHPC)

由超高性能混凝土基体预混料和增强纤维构成的产品。

如果超高性能混凝土基体预混料中不含化学外加剂，需另外同时提供。

3.1.2

超高性能混凝土基体预混料 premix for matrix of ultra-high performance concrete (PM-UHPC)

由水泥、矿物掺和料和骨料，按颗粒级配和规定性能要求配制并干混均匀的颗粒混合材料。

超高性能混凝土基体预混料可包含粉体外加剂。

3.1.3

增强纤维 reinforcing fiber

金属或非金属短纤维，可分散在超高性能混凝土中，以改善超高性能混凝土的力学性能。

3.1.4

工作性 standard workability

新拌超高性能混凝土基体预混料拌合物、超高性能混凝土拌合物易于施工操作（拌合、运输、浇注、振捣）并获得质量均匀、成型密实的性能，以坍落度或扩展度表征。

3.1.5

工作性维持时间 standard workable time

从搅拌完成至拌合物最长能够保持适合施工需求的时间，以坍落度或扩展度经时损失表征。

3.1.6

拌合物性能 properties of mixture

包括拌合物的工作性、工作性维持时间和凝结时间。

3.1.7

基本硬化性能 fundamental hardened properties

试件经历规定的养护后，用规定方法测试评定超高性能混凝土基体预混料（PM-UHPC 产品）硬化试件的抗渗性能和抗压强度；超高性能混凝土（PF-UHPC 产品）硬化试件的抗渗性能、抗拉性能和抗压性能。

3.2 符号

PF-UHPC ——超高性能混凝土预混料代号；

PM-UHPC ——超高性能混凝土基体预混料代号；

S ——超高性能混凝土基体预混料/超高性能混凝土新拌拌合物的坍落度（Slump），单位为毫米（mm）；

US——坍落度等级，后面跟的数字为等级；

F ——超高性能混凝土基体预混料/超高性能混凝土新拌拌合物的扩展度（Slump-Flow），单位为毫米（mm）；

UF——扩展度等级，后面跟的数字为等级；

f_{c-PM} ——超高性能混凝土基体预混料硬化的立方体抗压强度，单位为兆帕（MPa）；

UM——超高性能混凝土基体预混料抗压强度等级，后面跟的数字为等级。

4 一般规定

4.1 产品

4.1.1 超高性能混凝土基体预混料（采用液体外加剂的，需同时提供），可作为独立产品生产、包装、供应和检验。

4.1.2 超高性能混凝土预混料，以超高性能混凝土基体预混料（采用液体外加剂的，需同时提供）和增强纤维组合产品方式生产、包装、供应和检验。

4.2 产品性能

对超高性能混凝土基体预混料产品和超高性能混凝土预混料产品分级和检验的性能，指与规定比例的水搅拌均匀后新拌拌合物的性能，及规定养护后的硬化性能。

4.3 一般要求

产品的生产与应用不应对人体、生物和环境造成有害的影响，所涉及有关的安全与环保要求，应符合我国的相关国家标准和规范的规定。

5 原材料基本质量要求

5.1 水泥

抗硫酸盐硅酸盐水泥应符合GB/T 748的规定；中热、低热硅酸盐水泥应符合GB/T 200的规定；白色硅酸盐水泥应符合GB/T 2015的规定；通用硅酸盐水泥应符合GB 175的规定。

5.2 矿物掺和料和粉体材料

硅灰应符合标准GB/T 18736或GB/T 27690的规定；粉煤灰、磨细矿渣、磨细天然沸石和偏高岭土应符合标准GB/T 18736的规定；石灰石粉、钢渣粉、磷渣粉、复合矿物掺合料等应符合标准GB/T 51003的规定。其它矿物粉体材料，包括矿物颜料，放射性应符合标准GB 6566的规定。

5.3 骨料

骨料应符合GB/T 14684、GB/T 14685的规定，其中坚固性和强度应达到I类的要求。

5.4 外加剂

化学外加剂应符合标准GB 8076的规定；膨胀剂应符合标准GB/T 23439的规定；减缩剂应符合标准JC/T 2361的规定。

5.5 拌和用水

拌和用水应符合标准JGJ 63的规定。

5.6 纤维材料

5.6.1 金属纤维

使用的短切钢纤维和不锈钢纤维性能和质量要求见表1。

定型超高性能混凝土预混料产品性能试验与工程实际使用的钢纤维，质量与规格应一致。

短切圆直钢纤维质量检验方法见附录A。其它钢纤维按供需双方协定质量要求和检验方法进行检验。

表1 短切等直径圆截面钢纤维和不锈钢纤维质量要求

参数	要求
抗拉强度 / MPa	≥ 2000
直径合格率 / %	≥ 90.0
重量合格率 / %	≥ 85.0 单纤维检验
	≥ 90.0 纤维组检验
杂质含量、表面污染与锈蚀状态	无

5.6.2 非金属纤维

短切聚乙烯醇纤维和聚丙烯纤维应符合标准GB/T 21120的要求。短切耐碱玻璃纤维材质应符合标准JC/T 572的要求；短切玄武岩纤维应符合标准GB/T 23265的要求。可根据需要，对这些品种纤维的规格尺寸提出具体要求，不受现有标准限制。

其它纤维按供需双方协定质量要求和检验方法进行检验。

6 产品类别、性能分级和标识方法

6.1 产品类别标识

超高性能混凝土基体预混料标识为PM-UHPC。超高性能混凝土预混料标识为PF-UHPC。

6.2 产品性能分级与标识

按表2进行分级和标识。

6.3 增强纤维种类与标识

6.3.1 金属纤维

钢纤维标识为S1F (Steel Fiber)；不锈钢纤维标识为S2F (Stainless Steel Fiber)。其它金属纤维，由供需双方协商确定标识方法。

注：承重结构用的超高性能混凝土应使用钢纤维作为主要增强纤维，包括钢纤维和不锈钢纤维。

6.3.2 非金属纤维

聚合物纤维用聚合物缩写加“-F”标识，如PVA-F、PP-F和HDPE-F分别代表聚乙烯醇纤维、聚丙烯纤维和高密度聚乙烯纤维。

耐碱玻璃纤维标识为GF (Glass Fiber)；耐碱玄武岩纤维标识为BF (Basalt Fiber)。

表 2 性能分级与标识

性能类别	产品类别	项目		分级与要求				
			等级	US25	US75	US125	US175	US225
新拌拌合物工作性	PM-UHPC	坍落度	等级	US25	US75	US125	US175	US225
			S / mm	$10 \leq S < 50$	$50 \leq S < 100$	$100 \leq S < 150$	$150 \leq S < 200$	$200 \leq S < 250$
	PF-UHPC	扩展度	等级	UF400	UF500	UF600	UF700	UF800
			F / mm	$350 \leq F < 450$	$450 \leq F < 550$	$550 \leq F < 650$	$650 \leq F < 750$	$F \geq 750$
基本硬化性能	PM-UHPC	抗渗性能	等级	UD20			UD02	
			D_{Cl}	按标准T/CBMF 37 (T/CCPA 7)中的表1进行分级与标识				
		抗压强度	等级	UM120			UM150	
			f_{c-PM} / MPa	$120 \leq f_{c-PM} < 150$			$f_{c-PM} \geq 150$	
	PF-UHPC	抗渗性能	等级	按标准T/CBMF 37 (T/CCPA 7)中的表1进行分级与标识				
			抗拉性能	等级	UT05	UT07	UT10	
			3项指标	按标准T/CBMF 37 (T/CCPA 7)中的表2进行分级与标识				
		抗压性能	等级	UC120	UC150	UC180		
			f_{cu} / MPa	按标准T/CBMF 37 (T/CCPA 7)中的表3进行分级与标识				
		<p>注 1: 高工作性宜使用扩展度表征, 对应于 UF600 和以上等级。低工作性宜使用坍落度表征, 对应于 US125 和以下等级。中等工作性可选用扩展度或坍落度之一表征;</p> <p>注 2: 受纤维影响, 超高性能混凝土基体预混料 (PM-UHPC) 产品坍落度或扩展度与所制备超高性能混凝土坍落度或扩展度之间的关系需实验确定;</p> <p>注 3: PM-UHPC产品的硬化性能中, 抗渗性能等级代表了所制备超高性能混凝土的抗渗性能等级; PM-UHPC的抗压强度等级与所制备超高性能混凝土抗压性能等级之间的关系需实验确定。</p>						

6.4 超高性能混凝土基体预混料颜色分类与标识

超高性能混凝土基体预混料颜色可分为灰色、白色和彩系列。对颜色无特别要求, 通常为灰色颜色, 不需要标识。要求特定白色和彩色 (含黑色), 供需双方协商确定颜色要求及相应标识。

6.5 产品标识

6.5.1 超高性能混凝土基体预混料产品标识与示例

标识方法: PM-UHPC 工作性等级/抗渗等级/抗压等级 (/外加剂)

示例: 坍落度US125等级、抗渗性能等级UD20、抗压性能等级UM120的超高性能混凝土基体预混料产品 (内含外加剂), 标识为:

PM-UHPC US125/UD20/UM120

6.5.2 超高性能混凝土预混料产品标识与示例

标识方法: PF-UHPC 工作性等级/抗渗等级/抗拉等级/抗压等级/纤维品种 (/外加剂信息)

示例: 扩展度UF700等级、抗渗性能等级UD02、抗拉性能等级UT07和抗压性能等级UC150的超高性能混凝土预混料产品, 使用钢纤维和独立包装液体减水剂, 标识为:

PF-UHPC UF700/UD02/UT07/UC150/ S1F/配液体减水剂

7 技术要求

外观、拌合物性能和基本硬化性能按表 3 进行要求。超高性能混凝土基体预混料和超高性能混凝土预混料的基本硬化性能应符合表 3 的规定。

8 试验方法

8.1 基本硬化性能试验一般规定

抗渗性能、抗拉性能和抗压性能按标准T/CBMF 37 (T/CCPA 7)中第5章规定制备试件和进行试验。

8.2 其它物理力学性能试验方法

其它物理力学性能宜按表4规定的试验方法进行测试。未包含的物理力学性能试验，按供需双方协定试验方法进行试验。

表3 技术要求与试验方法

性能类别	产品类别	项目	技术要求	试验方法
外观		外观	基体预混料干燥、均匀、无结块。纤维应干燥、无污染物。	目测检查
		颜色	供需双方协商，可按标准GB/T 2015确定白度要求，按标准JC/T 870确定彩色和色差要求；或供需双方同意的其它适宜方法定义颜色要求	白度按标准GB/T 2015附录A试验方法测定；颜色、色差和颜色耐久性按标准JC/T 870中规定方法测试；或供需双方同意的其它适宜检验方法。
拌合物性能	PM-UHPC和PF-UHPC	工作性 ^{a,b}	由供需双方协商确定新拌拌合物的坍落度或扩展度等级	按标准GB/T 50080中相应试验方法
		工作性维持时间 ^{a,b}	由供需双方协商确定拌合物适宜施工需求的坍落度或扩展度，及保持该坍落度或扩展度的时间	
		凝结时间 ^{a,b}	由供需双方协商确定拌合物适宜的初凝、终凝时间	
		含气量 ^c	供需双方协商确定允许的含气量上限	
基本硬化性能	PM-UHPC	抗渗性能	供需双方协商确定应达到的性能等级	按标准T/CBMF 37 (T/CCPA 7)中附录A规定，测试抗压强度UM120等级PM-UHPC产品的氯离子扩散系数 D_c 和评定抗渗性能等级。抗压强度UM150及以上等级PM-UHPC产品，可免测试评定为抗渗性能UD02等级。
		抗压强度		按标准T/CBMF 37 (T/CCPA 7)中第5.4.3条规定，测定值满足表2要求
	PF-UHPC	耐久性 ^d	UD20抗渗等级宜用于GB/T 50476中规定的A、B环境等级；UD02抗渗等级适用于GB/T 50476中规定的其它所有环境等级。	(等同所使用PM-UHPC的抗渗性能等级)
		抗拉性能 抗压性能	供需双方协商确定应达到的性能等级	应满足T/CBMF 37 (T/CCPA 7)标准规定
		其它物理力学性能 ^e	供需双方协商确定的其它物理力学性能项目和要求	按表4规定的试验方法进行测试
	^a 按标准GB/T 50080测定工作性、工作性维持时间和初凝、终凝时间，是在标准试验室环境（20±5℃）中进行的。工作性维持时间和凝结时间受环境温度影响较大，实际工程应用中需要考虑施工环境气候条件的影响； ^b 采取适宜方法避免拌合物在试验测试过程水分损失； ^c 新拌拌合物夹带的气泡量与拌合物粘度、纤维种类与用量、搅拌设备和搅拌程序有关，含气量检验和控制宜作为产品性能和生产质量控制指标之一； ^d 基体抗渗性能体现了超高性能混凝土的整体耐久性。在GB/T 50476《混凝土结构耐久性设计规范》定义的所有类别和等级的暴露环境中应用，不需要检验其它耐久性项目如抗冻性、抗硫酸盐侵蚀等。如使用在重化学腐蚀环境（不在GB/T 50476定义环境类别、等级中），需要评估UHPC的适用性或需要进行表面防护； ^e 需要超高性能混凝土具备优良耐磨性能、耐高温(防火性能)、抗冲击或抗爆性能，宜结合应用需求，专门配制PF-UHPC和进行性能测试评估。			

表4 其它物理力学性能的试验方法

性能指标	符号	单位	试验方法	试样尺寸 (mm)	试件数量
弹性极限抗弯强度/抗弯强度 ^a	f_{be}/f_b	MPa	GB/T 50081	100×100×400	6
劈裂抗拉强度 ^b	f_{ct}			100×100×100 Φ100×200	3
轴心抗压强度 ^c	f_{cp}			100×100×300	3
受压弹性模量 ^b	E_c	GPa		100×100×300 Φ100×200	6
泊松比	μ	/		100×100×300	3
热膨胀系数	α	1/°C		GB/T 50081规定尺寸	2
钢筋握裹力 ^d	τ	MPa		150×150×4φ	6
硬化超高性能混凝土密度	ρ	kg/m ³		100×100×100	3
收缩性能(棱柱试件)	ϵ_{st}	μm/m		GB/T 50082	100×100×515
收缩性能(波纹管法)	ϵ_{st}	μm/m	附录B	Φ50×400	3
弯曲韧性	/	/	CECS 13	CECS 13规定尺寸	3

^a 四点抗弯, 在 GB/T 50081 中称为抗折强度;
^b 试样尺寸由设计方或供需双方协议规定;
^{a,b,c} 应记录应力-应变及荷载-位移曲线;
^d 试件厚度, 即钢筋埋入的长度, 减小为 4 倍钢筋直径 (φ)。

9 检验规则

9.1 检验分类

9.1.1 出厂检验

出厂检验的检验项目见表5。

9.1.2 型式检验

型式检验的检验项目见表5。在下列情况下进行型式检验:

- 新产品投产或产品定型鉴定时;
- 原材料、配方等发生较大变化, 可能影响产品质量时;
- 正常生产条件下, 每年至少进行一次;
- 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时;
- 产品连续停产六个月以上恢复生产时。

9.2 组批

同一配料工艺条件、同一类型、同一性能等级产品100t为一批。同一工程应用, 不足上述数量时亦作为一批。

注: 同一配料工艺条件指相同原料、相同生产工艺以及稳定连续生产; 同一类型和性能等级, 对于PM-UHPC产品指相同颜色、相同新拌工作性等级和相同抗压强度等级; 对于PF-UHPC产品指相同颜色、相同新拌工作性等级、相同抗拉和抗压性能等级。

表5 检验分类与检验项目

检验分类	产品类别	检验项目	试件养护方法与龄期
出厂检验	PM-UHPC	颜色、色差（如有要求）	（干状态）
		坍落度或扩展度	新拌
		含气量	
		抗压强度	标准热养护7d，标准养护28d
	PF-UHPC	坍落度或扩展度	新拌
		含气量	
		抗压性能	标准热养护7d，标准养护28d
型式检验	PM-UHPC	包括上述PM-UHPC出厂检验项目	
		工作性维持时间	试验过程防止拌合物水分损失
		凝结时间	
		抗渗性能（UM150及以上等级免检）	标准热养护7d，或标准养护90d
		弹性模量	标准热养护7d，或标准养护28d
		硬化超高性能混凝土基体密度	
	PF-UHPC	包括上述PF-UHPC出厂检验项目	
		工作性维持时间	试验过程防止拌合物水分损失
		凝结时间	
		抗渗性能（检验基体）	标准热养护7d，或标准养护28d
		弹性模量	
硬化超高性能混凝土密度			
注1：在型式检验时获得PM-UHPC、PF-UHPC产品标养3d、7d抗压性能。生产供货时，可检验产品标养3d或7d的抗压性能正常与否，作为早期判断产品能否出厂的依据；			
注2：PF-UHPC的型式检验不限于表中所示项目，可增加表4中或应用需要的其它物理力学性能项目。			

9.3 抽样

预混料产品按照标准GB/T 12573的规定进行，总计不少于130kg。抽取的样品分为两份，一份试验，一份备用。

9.4 判定规则

9.4.1 PM-UHPC 产品

9.4.1.1 按第8章试验和第7章技术要求，评定表5所列项目，如果所有项目符合相应等级要求，则判定该批产品合格。

9.4.1.2 如工作性高于或低于要求等级，允许调整水料比和外加剂用量至工作性符合要求，然后制备试件检验硬化性能，抗渗性能和抗压强度符合相应等级要求，则可判定该批产品合格，产品应按调整后水料比和外加剂用量使用。调整后，有一项不符合相应等级要求，则判该批不合格，或降低相应等级使用。

9.4.2 PF-UHPC 产品

9.4.2.1 按第8章试验和第7章技术要求，评定表5所列项目，如果所有项目符合相应等级要求，则判定该批产品合格。

9.4.2.2 如工作性高于或低于要求等级，允许调整水料比和外加剂用量至工作性符合要求，然后制备试件检验硬化性能，抗渗、抗拉和抗压性能符合相应等级要求，则可判定该批产品合格。产品应按调整后

水料比和外加剂用量使用。调整后，有一项不符合相应等级要求，则判该批不合格，或降低相应等级使用。

9.4.2.3 如仅是抗拉性能不符合相应等级要求，允许重新试验测试抗拉性能，如达到相应抗拉性能等级要求，可判定该批产品合格。仍不符合相应等级要求，则判该批不合格，或降低相应等级使用。

注：抗拉试件中纤维分布不均匀、试件偏心受拉（有弯、扭作用）等，均会降低测试得到的抗拉性能，故允许复验；或一次制备双倍数量（12个）试件，6个测试，6个复验备用。

10 预混料产品的出厂检验报告、使用说明书和保质期

10.1 出厂检验报告

10.1.1 PM-UHPC 产品（不提供纤维）

出厂检验报告，即所供应产品的合格证，应包含表5规定的检验项目和试验结果，以及相应的基准水料比（包括外加剂）信息。

10.1.2 PF-UHPC 产品

出厂检验报告，即所供应产品的合格证，应包含表5规定的检验项目和试验结果，以及相应的基准水料比（包括外加剂）和基准纤维信息。

10.2 使用说明书

10.2.1 PM-UHPC 产品（不提供纤维）

超高性能混凝土基体预混料（PM-UHPC）产品使用说明书的内容应包含：

- a) 产品拌合物性能，包括工作性（坍落度或扩展度等级）、工作性维持时间和凝结时间；
- b) 产品硬化性能，包括抗渗性能和抗压强度等级；
- c) 基准水料比，以及配套外加剂用量（以独立包装供应）；或提供水料比、配套外加剂用量可变范围，对应的拌合物性能与硬化性能变化范围；
- d) 颜色（如有要求）；
- e) 建议使用的搅拌设备与搅拌程序；
- f) 安全使用建议。

10.2.2 PF-UHPC 产品

超高性能混凝土预混料（PF-UHPC）产品的使用说明书应包含：

- a) 产品拌合物性能，包括工作性（坍落度或扩展度等级）、工作性维持时间和凝结时间；
- b) 产品硬化性能，包括抗渗性能、抗拉性能和抗压强度等级；
- c) 配套使用基准纤维：种类（S1F/S2F/PVA-F/HDPE-F/GF等），规格，基准体积掺量；
- d) 基准水料比，以及配套外加剂用量（独立包装供应）；或者，提供水料比、配套外加剂用量（独立包装供应）、配套纤维（特定品种和规格）掺量可变范围，对应的拌合物性能与硬化性能变化范围；
- e) 颜色（如有要求）；
- f) 建议使用的搅拌设备与搅拌程序；
- g) 安全使用建议。

10.3 保质期

PM-UHPC产品的贮存期通常为3个月。贮存超过3个月，可通过检验外观、拌合物性能和抗压强度，确定是否仍可使用，或是否可以降低等级使用。

11 标识、包装、运输和贮存

11.1 标识

11.1.1 PM-UHPC 产品（不提供纤维）

产品应提供合格证与使用说明书外，外包装上或标签上应包含：

- a) 生产企业名、地址；
- b) 产品名称、代号（PM-UHPC）及执行标准（本标准号）；
- c) 抗渗、抗压强度等级：UD20/UD02，UM120/UM140/UM160/UM180标识；
- d) 产品净重；
- e) 颜色标识（如有要求）；
- f) 生产日期和批号；
- g) 贮存与运输注意事项；
- h) 贮存期。

11.1.2 PF-UHPC 产品

产品应提供合格证与使用说明书，产品外包装上或标签上应包含：

- a) 生产企业名称、地址；
- b) 产品名称、代号（PF-UHPC）及执行标准（本标准号）；
- c) 抗渗、抗拉、抗压性能等级（纤维标准体积掺量）：UD20/UD02，UT05/UT07/UT10，UC120/UC150/UC180标识；
- d) 产品净重；
- e) 颜色标识（如有要求）；
- f) 生产日期和批号；
- g) 贮存与运输注意事项；
- h) 贮存期；
- i) 纤维包装上的标识与信息应包括：纤维种类与规格，净包装质量，生产日期与批号，贮存与运输注意事项。

11.2 包装

11.2.1 PM-UHPC产品宜采用防潮包装袋包装。小包装袋（包装重量不超过50kg）应符合标准GB 9774的规定；集装袋（包装重量介于500~3000kg）应符合标准GB/T 10454的要求，且应具备防潮功能。

11.2.2 每袋净含量不应少于其标识质量的99%。随机抽取20袋，总质量（含包装袋）应不少于标识质量的总和。

11.2.2 配套使用外加剂、纤维，可采用原包装，或使用同等质量包装材料与包装方式分装。

11.3 运输与贮存

11.3.1 不同类型、性能等级的产品应分别贮存，不应混杂。避免日晒雨淋，禁止接近火源，防止碰撞，注意通风。

11.3.2 产品应干燥保存。应有防雨、防潮、防尘措施。

11.3.3 产品的贮存期自生产日期计，并在产品说明书和包装标识上明示。

附录 A
(规范性附录)
短切圆直钢纤维质量检验方法

A.1 范围

本附录规定短切等直径、圆截面钢纤维质量检验方法，包括检验直径合格率，重量合格率，杂质、表面污染与锈蚀状态，以及钢纤维钢丝抗拉强度。混杂不同直径的短切钢纤维，可将不同公称直径纤维分开，分别作为等直径纤维进行直径和重量合格率检验。

本方法适用于短切等直径圆截面钢纤维质量检验与验收。

A.2 短切圆截面钢纤维质量检验方法

每批次钢纤维用感量 1g 的天平，随机取样约 1000g 作为质量检验试样，从中再随机抽取 50 根钢纤维作为直径合格率和重量合格率检验的试样，剩余试样用于杂质和锈蚀状态检验。

A.2.1 直径合格率检验

用千分卡尺（分辨率 0.001mm）逐一测量 50 根钢纤维中间位置的直径，记录每根钢纤维实测直径 D_i ($i=1\sim 50$ ，即获得 $D_1\sim D_{50}$)。将每根钢纤维直径 D_i 与钢纤维公称直径 D （产品说明书应提供）比较，如果 D_i 与 D 的偏差不超过 10%，即 D_i 在 $0.9D$ 与 $1.1D$ 范围内，则这根钢纤维直径合格，否则为不合格。

直径合格率计算方法为：直径合格根数/50。

A.2.2 重量合格率检验

用感量 0.1mg 天平逐一称量 50 根钢纤维的重量，记录每根钢纤维实测重量 W_i ($i=1\sim 50$ ，即获得 $W_1\sim W_{50}$)。将每根钢纤维重量 W_i 与钢纤维公称重量 W （产品说明书应提供或按公称尺寸和比重计算获得）比较，如果 W_i 与 W 的偏差不超过 15%，即 W_i 在 $0.85W$ 与 $1.15W$ 范围内，则这根钢纤维重量合格，否则为不合格。

单纤维重量合格率计算方法为：重量合格根数/50。

对于极细规格纤维，无法准确称量单根纤维重量时，可以 100 根钢纤维为样本分为 10 组，每组 10 根一起称量 W_{10-i} ($i=1\sim 10$ ，即获得 $W_{10-1}\sim W_{10-10}$)，如果 W_{10-i} 与 10 倍钢纤维公称重量 W ($10*W$) 的偏差不超过 15%，则这组钢纤维重量合格，否则为不合格。

纤维组重量合格率计算方法为：重量合格组数/10。

A.2.3 杂质、表面污染与锈蚀状态检验

将钢纤维摊开平铺在桌面的白纸上，仔细观察纤维中是否含有杂质、表面污染和锈蚀。本项检验为定性检验，排除钢纤维被污染和锈蚀的可能性。

A.3 制备钢纤维的钢丝抗拉强度检验方法

按照 GB/T 31387-2015 中附录 A.3 的试验方法测试。

附录 B (规范性附录)

早期变形与自收缩试验方法-波纹管法

B.1 范围

本附录规定了超高性能混凝土早期变形与自收缩试验方法的波纹管法。

本方法适用于超高性能混凝土的塑性、凝结、硬化各阶段变形及自收缩的测定。

B.2 试验原理

采用放置在水平钢棒支架上、两端密封的波纹管来测量混凝土的早期变形，使模具对混凝土的变形约束可以忽略，从而可准确测定混凝土从新拌塑性状态、至凝结和硬化全过程的单向自由体积变形。

塑性、凝结、硬化阶段分别指初凝之前、初凝至终凝、终凝之后的阶段。各阶段对应的时间分段点，可由连续记录的变形-时间曲线上的拐点来确定。结合不同拐点，可确定混凝土在早期各阶段的变形量和自收缩大小。

B.3 试件模具、试件尺寸和数量

B.3.1 试件模具：试件模具为不透气的钢丝增强聚氨酯（PU）波纹管，其内、外径尺寸分别为 $\Phi 50\text{mm}$ 和 $\Phi 57\text{mm}$ ，长为 425mm；波纹管两端用圆形密封端盖尺寸见图 B.1，材质为聚甲醛（POM）塑料。

B.3.2 试件尺寸：试件为注入波纹管内的混凝土柱，密封好的混凝土试件初始长度 $l_0 \geq 400\text{mm}$ 。

B.3.3 试件数量：3 个试件。

B.4 试件制作

B.4.1 按 3.1 要求，裁剪波纹管，将两端钢丝各剥除一段，剥除长度约 15mm，使波纹管与密封端盖紧密接触，以保证波纹管的密闭。

B.4.2 先将波纹管一端密封，用喉箍箍紧，并保证密封。

B.4.3 将一端密封的波纹管，放置于一垂直的直径略大于波纹管的钢管或 PVC 管中，以确保试件浇筑过程中波纹管的稳定性。

B.4.4 将新拌的超高性能混凝土缓慢注入波纹管中，如果需要，可插捣或在波纹管外壁轻轻敲击，以排除气泡，确保波纹管内混凝土充填密实。

B.4.5 将波纹软管另一端密封，用喉箍箍紧并确保密封。

B.5 试验装置

B.5.1 变形测量装置：包括如图 B.1 所示的试件支架和位移传感器，及测长用千分尺。

B.5.2 试件支架：宜用柯瓦合金或热膨胀性小的耐蚀合金钢制作，长度 $\geq 480\text{mm}$ ，端板尺寸为 $100\text{mm} \times 80\text{mm} \times 10\text{mm}$ ，支撑钢棒尺寸为： $\Phi 20\text{mm} \times 520\text{mm}$ ；据位移传感器引伸杆直径大小和平放试件密封端盖的中心位置，设置位移传感器的固定孔位置。在整个测试周期内，测试架应保持稳定，不得移动。

B.5.3 位移传感器：宜采用测量精度不低于 0.001mm 位移传感器，可采用数显千分表。

B.5.4 测长千分尺：测长范围 $\geq 500\text{mm}$ 、精度为 0.02mm 的千分尺。

B.6 试验步骤

B.6.1 测试环境温度宜稳定于 $20\text{℃} \pm 2\text{℃}$ 。

B.6.2 将制作好的试件平直放于试件支架，调整试件两端密封端盖与位移传感器引伸杆垂直且良好接触。

B.6.3 开始测量时间宜控制在自加水搅拌后的 30min 内，初始读数宜在试样置于试件支架上静停 10min 后开始。

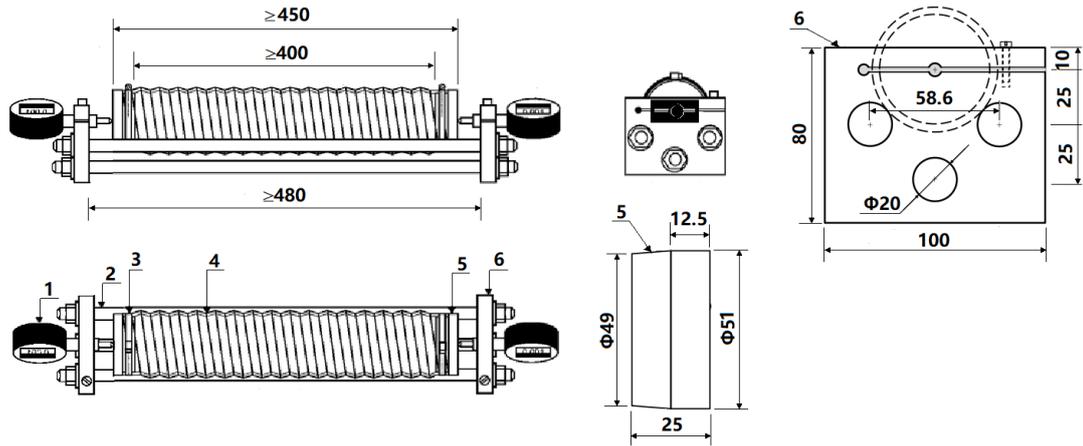
B.6.4 测量试件初始长度 l_0 。用测长千分尺测量波纹管内的混凝土试件长度，测量值应精确至 0.02mm。

B.6.5 数据记录

B.6.5.1 连续记录试件两端长度变化量 Δl_1 和 Δl_2 。

B.6.5.2 测量总时长不小于 3d，数据采样间隔时间宜小于 5min。用同一试件测量超高性能混凝土的自收缩时，总测量时长宜达 90d 以上，14d 龄期后的数据采集间隔可适当调大。

B.6.5.3 测量过程中，应注意观察试样的平直性，如发现弯曲，应拍照、量测并记录。



说明：

1——图中尺寸单位为毫米（mm）；

2——1-位移传感器, 2-支撑钢棒, 3-喉箍, 4-波纹管及混凝土试样, 5-密封端盖, 6-端板。

图 B.1 变形测量装置

B.7 试验结果计算与分析

B.7.1 测试结果计算

按式 B.1，计算被测试件的变形值，取三个试件的平均值，作为被测超高性能混凝土的变形值。

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2}{l_0} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots \text{(式 B.1)}$$

式中：

ε ——试件的早期变形，换算为微应变（ $\mu\text{m}/\text{m}$ 或 $\times 10^{-6}$ ）

Δl_1 和 Δl_2 ——分别为试件两端长度变化值，单位为微米（ μm ）；

l_0 ——试件长度初始值，单位为毫米（mm）。

B.7.2 变形分析

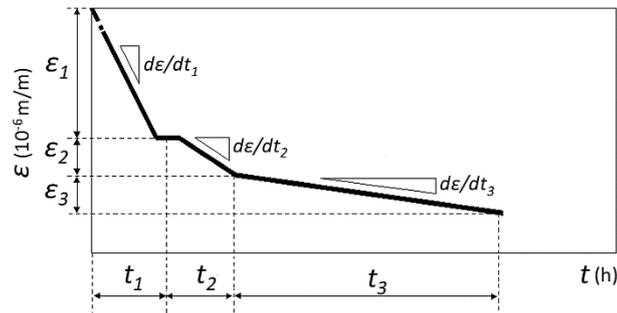
B.7.2.1 按图 B.2，由 7.1 得到 $\varepsilon-t$ 平均曲线确定出 t_1 、 t_2 和 t_3 ，以及 ε_1 、 ε_2 和 ε_3 。

B.7.2.2 ε_3 即为被测超高性能混凝土的自收缩量。

B.8 试验报告

B8.1 由 7.1 计算出的试件平均变形—时间（ $\varepsilon-t$ ）曲线。

B8.2 由 7.2 得到的自收缩值。



说明:

- 1—— t_1 —初凝前的塑性段时间； t_2 —初凝至终凝的凝结段时间； t_3 —终凝后硬化段时间；
- 2—— $d\epsilon/dt_1$ —塑性阶段变形速率； $d\epsilon/dt_2$ —凝结阶段变形速率； $d\epsilon/dt_3$ —硬化阶段变形速率；
- 3—— ϵ_1 —塑性阶段变形量； ϵ_2 —凝结阶段变形量； ϵ_3 —硬化阶段变形量。

图 B.2 变形—时间曲线 (ϵ - t 曲线)

试验说明:

本试验方法适用于骨料粒径不大于 10mm、纤维长度不大于 16mm 的 UHPC 拌合物的早期变形测定。

试验要点如下:

- 1) 波纹管的密封操作宜快速、熟练，可事先用水代替混凝土进行练习；
- 2) 宜事先测定混凝土的初、终凝时间；
- 3) 混凝土的搅拌、灌注、振捣、波纹管端口的清洁与密封、试件安装与初长测试等环节操作均宜快速、熟练，以保证开始记录时间早于初凝时间 15min 以上；
- 4) 可根据变形-时间 (ϵ - t) 曲线的微分曲线来分析并确定附录图 B.2 中各时间拐点。

附录 C
(资料性附录)

硬化超高性能混凝土常用性能指标参考值

硬化超高性能混凝土的常用性能指标参考值范围见表 C.1。

表 C.1 硬化超高性能混凝土常用性能指标参考值范围

性能指标	符号	单位	参考值
氯离子扩散系数	D_{Cl}	m^2/s	$\leq 20 \times 10^{-14}$
抗拉强度	f_{tu}	MPa	5 ~ 15
弹性极限抗拉强度	f_{te}		5 ~ 10
抗弯强度 ^a	f_b		15 ~ 40
弹性极限抗弯强度 ^a	f_{be}		10 ~ 15
抗压强度	f_{cu}		120 ~ 250
弹性模量	E	GPa	40 ~ 60
泊松比	μ	/	0.2
峰值拉应变	ϵ_{tu}	%	0.1 ~ 0.5
比断裂能	G_F	kJ/m^2	8 ~ 40
收缩应变终极值 ^b	ϵ	%	非蒸养: 0.06 ~ 0.08 经蒸养: 0.05 ~ 0.06, 蒸养后收缩可忽略
徐变系数终极值 ^b	ϕ	/	非蒸养: 0.8 ~ 1.0 经蒸养: 0.2 ~ 0.4
热膨胀系数	α	$1/^\circ C$	$1.0 \times 10^{-5} \sim 1.3 \times 10^{-5}$
硬化超高性能混凝土密度	ρ	kg/m^3	非钢纤维: 2200 ~ 2400 钢纤维: 2400 ~ 2600, 体积掺量1%~5%

^a 四点抗弯, 在 GB/T 50081 中称为抗折强度;

^b 经蒸养指经过标准蒸汽养护。

附录 D
(资料性附录)
产品生产质量控制与性能检验

D.1 原材料质量检验与控制**D.1.1 粉体材料与骨料质量检验**

PM-UHPC产品生产的原材料，除了对进厂粉体材料按相应标准要求质量检验外，应增加粒径分布质量检验验收；对每次进厂的砂进行比相应标准要求更加严格的颗粒级配质量检验验收。

D.1.2 其它原材料质量检验

外加剂和纤维的供应商应按批次提供外加剂和纤维的材质、性能或质量检验合格证。短切圆截面钢纤维/不锈钢纤维应按附录A进行检验，按表1的质量要求验收。外加剂的实际质量和性能，应使用超高性能混凝土基体预混料所制备的拌合物性能，包括含气量，进行检验。纤维的实际质量和性能，应使用预混料所制备的超高性能混凝土的拌合物性能与硬化性能进行检验。

D.2 生产设备系统

PM-UHPC产品生产称量系统应能确保配料准确，所有粉体和颗粒原材料计量偏差应小于 $\pm 1\%$ ；应使用高效混合设备，保证混合的均匀性；包装的计量偏差应在 $\pm 1\%$ 范围内。

制备UHPC，PM-UHPC产品的计量偏差应小于 $\pm 1\%$ ，水的计量偏差应小于 $\pm 1\%$ ，外加剂和纤维的计量偏差应小于 $\pm 2\%$ 。

D.3 产品质量和性能检验**D.3.1 生产质量控制日常检验**

PM-UHPC生产过程的质量稳定性和可靠性，采用预混料的拌合物性能与硬化性能进行检验。试件宜采用标准蒸汽养护（养护制度详见T/CBMF 37—2018的5.2.4条）或标准养护3d、7d，较快获得检验结果。日常检验项目包括：

- a) 新拌拌合物工作性、含气量；
- b) 抗压强度。

D.3.2 质保检验（出厂检验）

质保检验即出厂检验，按标准中表5所列出厂检验项目进行检验。

D.3.3 全面物理力学性能检验

固定组成、原材料、配合比及纤维的产品，即定型的PF-UHPC产品，应进行全面物理力学性能测试和检验。全面物理力学性能检验项目应包含表5型式检验所列项目，并根据工程应用类别的需要，提供设计需要的物理力学性能，如（不限于以下性能）：

- a) 抗弯性能：抗弯强度，荷载—挠度曲线；
- b) 收缩特性：常温（20℃）下收缩发展特征，经标准热养护的收缩特征；
- c) 热膨胀系数等。

如果原材料变更或配合比变化可能影响到一些性能，应重新进行全面性能检验。

附录E

(资料性附录)

超高性能混凝土预混料使用说明书模版

项 目	内 容
生产企业信息	企业名称 地址 客服或技术服务电话
产品名称代号和等级、执行标准	超高性能混凝土(UHPC)预混料 PF-UHPC 本产品适合制备UHPC等级: UD _{xx} /UT _{xx} /UC _{xx} 颜色特征(如有要求) 执行标准: T/CBMF XX/ T/CCPA XX-202X (本标准号) 或概要标识, 例如: 本标准号 PF-UHPC UF700/UD02/UT07/UC150/配S1F/+液体外加剂
产品基本信息	<ul style="list-style-type: none"> - 单独包装外配液体外加剂用量: xx.xx kg/100kgPM-UHPC (以每100kgPM-UHPC的用量计) - 基准水料比: xx.xx kg/100kgPM-UHPC产品 (以每100kgPM-UHPC产品用水量计, 不包括外配液体外加剂含水) - 制备每立方米UHPC的PM-UHPC用量: xx kg (不包括纤维体积和含气量) - 使用纤维: 种类(S1F/S2F/PVA-F/HDPE-F/GF等), 规格, 基准掺量(指性能检验掺量, 通常为2%或2.5%体积, 以体积含量 x.xx %V表示, 并以对应100kgPM-UHPC重量比例 xx.xx kg/100kgPM-UHPC表示) - 产品保质期: 自生产之日起3个月或6个月 - 贮存要求: 防雨、防潮、防尘、干燥保存
拌合物性能	PM-UHPC 拌合物 基准水料比PM-UHPC拌合物, 即PM-UHPC (及外配液体外加剂)+水搅拌均匀后: <ul style="list-style-type: none"> - 工作性: 坍落度US_{xx}等级或扩展度UF_{xx}等级 - 工作性维持时间(以坍落度或扩展度经时损失20%计) \underline{x} 小时 - 初凝时间 \underline{x} 小时 \underline{x} 分钟, 终凝时间 \underline{x} 小时 \underline{x} 分钟
	PF-UHPC拌合物 基准水料比/基准纤维掺量UHPC拌合物, 即PM-UHPC (及外配液体外加剂)+水+纤维搅拌均匀后: <ul style="list-style-type: none"> - 工作性: 坍落度US_{xx}等级或扩展度UF_{xx}等级 - 工作性维持时间(以坍落度或扩展度经时损失20%计) \underline{x} 小时 - 初凝时间 \underline{x} 小时 \underline{x} 分钟, 终凝时间 \underline{x} 小时 \underline{x} 分钟
	注1: 水的计量偏差应小于 $\pm 1\%$, 外加剂和纤维的计量偏差应小于 $\pm 2\%$ 。减小水料比可降低拌合物工作性等级, 并提高基体强度(在能够良好浇筑密实状态下)。 注2: 新拌拌合物的含气量, UHPC通常在3%~6%范围。建议检验新拌拌合物含气量, 如过高应分析检查原因, 避免显著影响硬化性能。 注3: 测量UF700和UF800等级扩展度, 宜同时测量T ₅₀₀ 时间(扩展直径达500mm的时间), 评估拌合物的粘度水平。对于UF700和UF800等级, T ₅₀₀ 时间分别小于10秒和7秒, 可视为低粘度拌合物。 注4: 适宜的UHPC新拌工作性等级, 指易于浇筑密实, 同时能够获得良好的纤维分布均匀性, 需要结合预制成型或现浇施工的方法、条件以及UHPC所含纤维种类与规格等因素选择。其中, a) 扩展度 UF800 等级拌合物可自流、自密实浇筑, 适合浇筑顶面(自由面)为水平面或顶面用模板覆盖的结构。含钢纤维, 不宜震动, 防止钢纤维沉降。纤维方向性受流动方向、模板墙效应等因素影响。 b) 扩展度 UF700 和 UF600 等级拌合物, 适合浇筑顶面(自由面)为水平面或坡度很小或顶面用模板覆盖的结构, 宜借助机械、刮耙或低频振动等辅助布料, 可自密实, 通常借助插捣、低频震动等方法确保边角或钢筋密集处密实。含钢纤维, 不宜高频震动。 c) 浇筑顶面(自由面)有一定坡度且无模板覆盖的结构, 以及喷射施工、挤压成型等, 拌合物需要具备一定的稠度, 需要结合浇筑、密实施工方法, 测试确定适合的工作性等级(稠度水平)。 d) 坍落度 US175 等级及更高工作性等级(稠度更低)的拌合物, 均适合泵送。超高性能混凝土拌合物粘度较大, 宜采用相对低的速率(管内流速)泵送, 避免泵送压力过高。泵送过程应尽可能连续进行, 搅拌制备速率应与泵送速率相匹配, 避免泵送过程中间停顿。 注5: 在应用中, 环境温度变化和拌合物水分损失会导致工作性维持时间和凝结时间变化, 需要在相应条件下进行测试, 从而确定是否满足浇筑成型与施工需求。快速凝结硬化的UHPC需要专门配制, 需由供需双方协商具体技术要求, 确定针对使用环境条件的凝结时间与强度发展要求。

项 目	内 容
硬化性能	基准水料比条件下： <ul style="list-style-type: none"> - 标准热养护7d硬化性能：抗渗性能等级 UD\underline{xx}，抗压强度等级 UM\underline{xxx} - 标准养护抗压强度发展特征：12h \underline{xx} MPa，1d \underline{xx} MPa，7d \underline{xx} MPa，28d \underline{xx} MPa，90d \underline{xx} MPa，等（或，以龄期—抗压强度发展曲线方式表达，可包含不同温度条件下强度发展曲线） - 弹性模量：标准热养护7d \underline{xx} GPa 或 标准养护28d \underline{xx} GPa
	基准水料比/基准纤维与掺量条件下： <ul style="list-style-type: none"> - 标准热养护7d硬化性能：抗拉性能等级 UT\underline{xx}，抗压强度等级 UC\underline{xxx} - 标准养护抗压性能发展特征：12h \underline{xx} MPa，1d \underline{xx} MPa，7d \underline{xx} MPa，28d \underline{xx} MPa，90d \underline{xx} MPa，等（或，以龄期—抗压强度发展曲线方式表达，可包含不同温度条件下强度发展曲线） - 标准养护28d或90d抗拉性能（用户需要时提供） - 弹性模量：标准热养护7d \underline{xx} GPa 或 标准养护28d \underline{xx} GPa
	注1：可提供用户需要的其它性能，如抗弯性能，热膨胀系数，等。 注2：不含纤维基体（所使用PM-UHPC产品）的抗渗性能体现了UHPC的整体耐久性。在GB/T 50476《混凝土结构耐久性设计规范》定义的所有类别和等级的暴露环境中应用，不需要检验其它普通混凝土的耐久性项目如抗冻性、抗硫酸盐侵蚀等。UD20抗渗等级，适用于GB/T 50476中规定的A、B环境等级；UD02抗渗等级则适用于GB/T 50476中规定的其它所有环境等级（C、D、E和F）。如使用在重化学腐蚀环境（不在GB/T 50476定义环境类别、等级中），需要评估UHPC的适用性或需要进行表面防护。 注3：需要UHPC具备优良耐磨性能、耐高温（防火性能）、抗冲击或抗爆性能，需要根据应用需求，专门配制制备UHPC和进行性能测试评估。
收缩特征	PM-UHPC产品在基准水料比条件下、PF-UHPC产品在基准水料比和基准纤维掺量条件下： <ul style="list-style-type: none"> - 常温收缩为终凝（或1d）至28d（或90d）自收缩：\underline{xxx} $\mu\text{m}/\text{m}$ ($\times 10^{-6}$)（从终凝开始测量，采用附录B波纹管法或GB/T 50082非接触法；从1d开始测量，可采用GB/T 50082接触法，密封试件） - 热养护收缩为终凝（或1d）至标准热养护后7d收缩：\underline{xxx} $\mu\text{m}/\text{m}$ ($\times 10^{-6}$)（从终凝开始测量，采用附录B波纹管法 + 接触法；从1d开始测量，可采用GB/T 50082接触法） - 标准热养护后（经过48小时90°C蒸汽养护）的收缩可忽略，采用非标准热养护，应测试热养护后的收缩 注1：UHPC收缩特征：早期（0~7d）发展快，占总收缩的61.3%~86.5%，中期（7~28d）发展缓慢，占总收缩的13.5%~27.9%，后期（28d后）趋于稳定。UHPC以自收缩为主，占总收缩的78.6%~90.0%，是早期开裂的主要诱因。收缩测试起始时间可取试件成型后1d（24h），终止时间可取90d或120d。（摘自参考文献：陈宝春等“超高性能混凝土收缩综述”，交通运输工程学报，2018年2月） 注2：通常设计考虑的收缩值见附录C“收缩应变终极值”。低收缩UHPC需要专门配制，需由供需双方协商具体的收缩技术要求。
建议使用的搅拌设备与搅拌程序	搅拌制备超高性能混凝土宜采用可调速或其它强制式搅拌机，预拌混凝土生产型搅拌机通常具备足够搅拌效率，适合拌制UHPC。 搅拌程序大体分为4个阶段：（1）预混料干拌少量时间；（2）边搅拌边加入水和减水剂（一次加入或分两次加入），搅拌至呈粘聚状态，再继续搅拌至充分均匀（搅拌机效率决定这段时间长短）；（3）边搅拌（慢速）边匀速加入纤维；（4）全部纤维加入后，继续（慢速）搅拌一段时间，完成。 例如，对于可调速搅拌机，建议搅拌程序为： <ul style="list-style-type: none"> - 首先，中速干拌超高性能混凝土基体预混料30s~1min； - 然后加入2/3的水和全部液体外加剂，搅拌至拌合物呈粘聚状（浆体状）；再加入剩余的水，快速搅拌1min~2min，直至胶凝材料和外加剂充分分散并混和均匀； - 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。 一次搅拌量不宜超过搅拌机公称体积容量（针对普通混凝土）的70%。根据搅拌机效率、所用纤维的种类和掺量，通常总搅拌时间在5min~15min之间。应避免搅拌时间过长，否则可能导致拌合物温度升高、增加气泡含量，以及增加较长纤维结团的风险。最后阶段进行慢速搅拌有助于排出较大气泡，此阶段边搅拌边抽真空除气，可显著降低拌合物含气量，获得更高基体强度。 采用定速（慢速）强制式搅拌机拌制UHPC，加料顺序相同，每段搅拌时间宜根据一次搅拌量、加料耗费时间、拌合物的粘聚状态等进行调整。

项目	内容
养护建议	良好养护的基本原则：成型试件、预制生产构件和现浇施工过程及之后的 7d 前，应尽可能避免超高性能混凝土损失水分。抹面完成，应立刻用塑料薄膜或养护剂覆盖超高性能混凝土暴露表面，防止水分蒸发损失。大面积施工，特别是暴露于风吹日晒时，应抹面完成一段，马上开始养护一段，避免抹面后表面暴露时间过长。
安全使用建议	使用超高性能混凝土基体预混料生产制备超高性能混凝土和浇筑施工，操作人员应佩戴工业级 N95 口罩、护目镜、安全鞋、安全帽、工作服，防止吸入粉尘，防止纤维伤害人体。
包装选择建议	超高性能混凝土的超高性能混凝土基体预混料通常采用小袋（净重 50kg）或大袋（净重 1000kg），每个独立包装宜整袋投入搅拌机使用（含骨料超高性能混凝土基体预混料受运输颠簸等影响可能出现粗细颗粒离析）。为避免拆袋分批使用，可根据工程使用特点、一次最小使用量、一次搅拌量等因素，确定适宜的包装规格。