

超高性能混凝土用减水剂技术要求

编制说明

(征求意见稿)

标准编制组

2023 年 9 月

一、工作概况

（一）任务来源

根据中国建筑材料联合会《关于下达 2022 年第三批协会标准制定计划的通知》（中建材联标发〔2022〕10 号）和中国混凝土与水泥制品协会《关于下达 2022 年中国混凝土与水泥制品协会标准制修订计划（第二批）的通知》（中制协字〔2022〕8 号）的要求，《超高性能混凝土减水剂技术要求》为协会标准制定项目，计划号为 2022-22-xbjh。

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负责管理，由中国混凝土与水泥制品协会超高性能水泥基材料与工程技术分会（以下简称 CCPA-UHPC 分会）牵头制定，由中建西部设建建材科学研究院有限公司等单位负责起草并组织相关单位共同完成制定。

（二）制定本标准的背景和意义

超高性能混凝土（以下简称 UHPC）作为现在和未来重要的水泥基工程材料，在国内外受到广泛的关注。它不同于传统的高强混凝土和钢纤维混凝土，是一种具有超高强度、超高韧性和优异耐久性的新型水泥基材料，在建筑结构、预制装饰结构、公路桥梁结构、建筑修复加固工程等领域的应用越来越多，已成为土木工程领域的研究热点。

国内外针对 UHPC 原材料组成、配合比设计、制备技术、工作性能、力学性能、耐久性能、微观结构等方面开展了大量的研究工作，

取得了丰富的研究成果。但对于 UHPC 体系用减水剂的研究关注较少，仍然采用的普通混凝土体系用外加剂标准。UHPC 与普通混凝土相比，在胶凝材料组成、超细粉料用量、水胶比范围、技术性能等方面均有显著的差异，对减水剂的分散性、降粘性以及引气性等方面提出了新的技术要求。现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 主要针对普通混凝土而制定，其编制的外加剂性能指标和试验方法无法适用于目前 UHPC 对外加剂新的技术要求。为推动 UHPC 更好地服务于工程，促进 UHPC 行业发展，需要与时俱进编制适合于 UHPC 的减水剂技术标准，规定其性能要求、生产与质量控制，提高 UHPC 材料的性能和质量。

本标准为 UHPC 专用减水剂编制的首部团体标准，尚未发现已发布同类国际或国内标准，没有可对标或参考的国内外相应标准及规范。本标准将结合实际工程应用对 UHPC 的需求，首次编制 UHPC 专用减水剂标准。标准以中建西部建设建材科学研究院有限公司编制和使用的企业标准《超高性能混凝土用外加剂》（标准编号：Q/510101ZJJC001-2021）为基础，参考 CCPA-UHPC 分会编制的《超高性能混凝土基本性能与试验方法》（T/CBMF 37—2018/T/CCPA 7—2018）、《超高性能混凝土预混料》（T/CBMF 96—2020/T/CCPA 20—2020），并结合 UHPC 实际应用中工程技术人员对外加剂新的技术要求而制定。

本标准遵循现行国标中对混凝土外加剂的基本技术需求，以及 CBMF/CCPA 团标中 UHPC 标准体系基础规范，对 UHPC 用减水剂的

术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则等提出具体、细化的技术要求，是 UHPC 材料标准体系的补充完善。本标准可作为供需双方合同约定的标准条款、产品技术要求或参考技术文件，有助于促进我国 UHPC 产品的商业化生产、供应与工程应用。

（三）主要工作过程

为推动标准尽快完成制定，中国混凝土与水泥制品协会超高性能水泥基材料与工程技术分会、中建西部建设建材科学研究院有限公司牵头成立了《超高性能混凝土用减水剂技术要求》标准编制组。编制组由 14 家单位构成，涵盖了高校、科研院所、生产企业、工程施工单位、协会等代表性企事业单位。

本标准的准备工作从 2021 年开始，准备工作包括收集国内外相关标准规范、分析 UHPC 性能特征、开展多试验室平行性能试验，以及调研国内外 UHPC 外加剂产业和产品。

本标准自 2022 年 5 月开始起草，2022 年 7 月形成《超高性能混凝土用减水剂技术要求》标准草案，2022 年 9 月顺利召开了《超高性能混凝土用减水剂技术要求》编制组成立暨第一次工作会。与会专家和代表围绕标准的先进性、技术指标要求、试验方法、标准特性、注意事项等方面提出了意见和建议。会后，编制组团队根据建议开展了相关试验，对试验方案、测试方法以及技术指标等进行了补充与修订。

2023 年 7 月、8 月分别召开标准编制内部讨论和全体编制组第二次工作会，编制组成员在充分研究各参编单位的意见后，进一步对标准（草稿）具体内容进行了讨论和修改完善，形成了《超高性能混凝土用减水剂技术要求》标准征求意见稿。

土用减水剂技术要求》征求意见稿。

后续工作还将包括：1) 通过两协会为期一个月的公示期对《超高性能混凝土用减水剂技术要求》（征求意见稿及编制说明）进行公开征集意见。2) 公开征求意见后，将根据所征集到的建设性意见再次修改完善，完成送审稿、送审稿编制说明以及征求意见汇总情况表，并提交技术审查。3) 经标准审查会专家组审查后，根据专家意见建议再落实修改，完成报批稿并申请报批。

二、标准编制原则和主要内容

（一）标准制定的方法、原则和依据

本标准按照 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》的规定编写。

编制的基本原则为简洁实用、国际先进和不限创新。

参考标准包括标准 GB 8076《混凝土外加剂》、GB/T 8077《混凝土外加剂匀质性试验方法》、GB/T 2419《水泥胶砂流动度测定方法》、GB/T 17671《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》、JGJ/T 70《建筑砂浆基本性能测试方法》、GB/T 31387《活性粉末混凝土》、GB/T 27690《砂浆和混凝土用硅灰》、GB/T 18736-2017《高强高性能混凝土用矿物外加剂》、GB/T 176-2017《水泥化学分析方法》、GB 31040-2014《混凝土外加剂中残留甲醛的限量》、JC/T 420《水泥原料中氯离子的化学分析方法》、JGJ 63《混凝土用水标准》。

（二）标准主要内容与条文说明

本标准共分 8 章及 2 个规范性附录，分别为：1 范围；2 规范性

引用文件；3 术语和定义；4 技术要求；5 试验方法；6 检验规则；7 产品说明书及合格证、包装；8 出厂、运输和贮存。

下面将标准内容中无法展开说明的，有关编制理念、目的和依据等内容，进一步解释与说明（按标准的条文编号和附录顺序）。

1. 范围

明确了制定本标准的目的，旨在常用 UHPC 性能范围规定超高性能混凝土用减水剂产品的技术要求，作为产品供需双方合同约定的、设计选用的标准技术条款或参考技术条件，用于定义产品性能要求和确定检验验收条件。为此，本标准规定了超高性能混凝土用减水剂术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、产品说明书、包装、运输和贮存。

2. 规范性引用文件

在试验方法方面，本标准尽可能采用国家标准、行业标准和团体标准中成熟的标准试验方法。

在原材料质量和技术要求方面，符合国家标准或团体标准对相关原材料要求，是制备 UHPC 原材料需要满足的基本条件。

3. 术语和定义

“超高性能混凝土”定义与 GB/T 31387《活性粉末混凝土》标准相同，对本标准用到的部分其他术语进行了定义，包括：超高性能混凝土用减水剂、基本胶凝材料、基体砂浆、受检基体砂浆、基体砂浆减水率。

基本胶凝材料指由基准水泥与硅灰按特定配比配制的胶凝材料，

是基于 UHPC 体系中超细粉料如硅灰的用量大的特点设计，以基本胶凝材料配制砂浆作为检验减水剂的材料，能更好的反映减水剂对 UHPC 体系的适应性。

基体砂浆、受检基体砂浆是在基准胶凝材料基础上加入标准砂配制的砂浆，采用标准砂可减小材料质量波动对测试结果造成的误差。

基体砂浆减水率是在参考 GB/T 2419《水泥胶砂流动度测定方法》的基础上，结合 UHPC 胶凝材料特点，以基体砂浆为测试原材料进行检测得到的指标，具体方法见本标准附录 A。

4. 技术要求

本标准技术要求包含了受检基体砂浆性能指标、受检减水剂匀质性指标

4.1 受检基体砂浆性能指标

(1) 基体砂浆减水率

UHPC 中超细粉料用量较大，其中以硅灰最为典型，是 UHPC 中常用的超细粉料，一般用量在 10%~30%之间。试验发现特定掺量的硅灰最能区分不同减水剂的性能。因此以基准水泥、硅灰质量比为 8:2 作为基本胶凝材料，采用标准砂和基本胶凝材料和水配制基体砂浆。以本标准附录 A 方法测试受检减水剂的减水率，以此检测 UHPC 用减水剂对基体的分散性能。

(2) 基体流动度

由于减水率测试主要通过跳桌法测试，其主要表征的是减水剂在极限掺量下对基体砂浆的分散性能，为进一步评价受检减水剂在正常

掺量下减水性能，同时根据对不同专用减水剂和常规减水剂的测试结果，采用本标准附录 B 方法测试受检减水剂在固定掺量下的流动度，确定流动度 220mm 作为区分指标。

（3）含气量

采用 JGJ/T 70 中砂浆含气量测试方法对不同专用减水剂进行含气量测试，结果表明专用减水剂砂浆含气量普遍在 3.5%以下，因此设定含气量指标为 3.5%。

（4）凝结时间差

采用 JGJ/T 70 中砂浆凝结时间测试方法对基体砂浆和掺受检减水剂的砂浆进行凝结时间测试，试验结果显示不同专用减水剂与基体砂浆凝结时间差最大差值为 300min，考虑到可能的早强型减水剂对砂浆的促凝作用，设定凝结时间差参数为-120min~360min。

（5）基体砂浆抗压强度比

采用 GB/T 17671 中砂浆抗压强度测试方法对基体砂浆和掺受检减水剂的砂浆进行强度测试，结果表明不同专用减水剂与基体砂浆抗压强度比在 205%~220%之间，本标准设定抗压强度比参数为>200%。

（6）28d 收缩率比

采用 JGJ/T 70 中砂浆收缩率测试方法对基体砂浆和掺受检减水剂的砂浆进行收缩率测试，结果表明不同专用减水剂与基体砂浆收缩率比在 95%左右，因此设定 28d 收缩率比为>90%。

4.2 减水剂匀质性指标

(1) 根据市场调研，UHPC 生产厂家所用减水剂既有粉体型，也有液体型。因此标准中按减水剂形态分为粉体、液体。

(2) 含固量

由于测试的粉体减水剂含水率都小于 5%，为确保使用的粉体减水剂不因为存储过程中吸潮导致其性能下降，粉体减水剂含水率指标定为 $<5\%$ 。

而各个厂家液体减水剂含固量各不相同，范围从 20%~50%均有，参考 GB 8076，对含固量的波动范围进行一个限定。

(3) 细度

粉体减水剂细度根据不同厂家生产工艺参数差异较大，不作具体参数指标要求。

(4) pH 值

调查并测试了市场主流产品的 pH 值，均在 5~8 之间。pH 值大小与减水剂的性能无直接关系，参考 GB 8076，建议 pH 值由生产厂家控制。

(5) 氯离子含量

考虑到 UHPC 中钢纤维的存在，为降低氯离子腐蚀风险，同时对减水剂原料分析基本无氯离子来源，因此参考 JG/T 223-2017《聚羧酸系高性能减水剂》中氯离子含量规定，设定指标值为 0.1%。

(6) 甲醛含量

考虑 UHPC 预制构件在室内的应用需求，参考 JG/T 223《聚羧酸系高性能减水剂》中对甲醛含量要求，设置指标为 $<0.05\%$ 。

5. 试验方法

本标准中技术指标由于不同于普通混凝土外加剂受检指标，因此试验方法多采用本标准中规定的方法进行测试。其中，基体砂浆减水率采用标准附录 A 进行测试，基体砂浆流动度采用标准附录 B 进行测试，含气量、凝结时间差和收缩率比主要参考 JGJ/T 70《建筑砂浆基本性能测试方法》进行测试，基体砂浆抗压强度比参考 GB/T 17671《水泥胶砂强度检验方法方法（ISO 法）》进行测试。

6. 检验规则

检验分为出厂检验和型式检验两类，本标准用表 1 规定了产品检验所包含的检验项目，组批形成方法，抽样方法，以及检验判定规则。

表 1 UHPC 用减水剂检验项目和频率

检验项目	指标要求	试验方法	检验频率		备注
			液体	粉体	
基体砂浆流动度	受检基体砂浆性能指标和减水剂匀质性指标	UHPC 基体砂浆性能测试方法和匀质性测试方法	每批		建议验收检验项目
含固量			每批	-	建议验收检验项目
含水率			-	每批	建议验收检验项目
细度			-	每 3 个月	-
pH 值			每批		建议验收检验项目

7. 产品说明书及合格证、包装

规定了产品出厂检验报告、使用说明书应包含的内容，以及合格证及包装要求。

8. 出厂、运输和贮存

规定了产品出厂需提供技术文件内容及运输要求和保质期。

附录 A 基体砂浆减水率测试方法

规定了减水率测试用胶凝材料，对搅拌程序等试验方法进行了详细规定，明确减水率测试和计算方法。

附录 B 受检基体砂浆流动度测试

确定了流动度测试用胶凝材料、水胶比、外加剂掺量，对搅拌程序等试验方法进行了详细规定。

三、主要试验（或验证）情况分析

本标准中试验测试 UHPC 性能分为拌合物性能和硬化性能。

其中硬化性能主要包含抗压强度比和收缩率比，两者试验方法均可参考成熟的标准 GB/T 17671 和 JGJ/T 70，因此只对指标进行了验证。

通过测试市场不同产品性能发现，国内国外的专用外加剂抗压强度比均可达 200%以上，因此设定指标为 200%。而收缩率也都大于 90%，因此设定指标 90%。

减水剂对 UHPC 的新拌性能影响较大，其中减水率、砂浆流动度是主要检验指标。

首先在减水率测试方法研究中发现，以 GB 8076 中减水率方法测试得到的高减水率减水剂并不一定适应 UHPC 体系，主要是因为 GB 8076 中减水率测试用的胶凝材料是纯水泥，而 UHPC 体系中采用大量的超细粉料（硅灰等），其性能要求与水泥不同。因此针对 UHPC 体系设计了以基准水泥、硅灰为基本胶凝材料，以此为基准材料对减水剂进行减水率测试，结果表明通过该方法测试的减水率能较好地区分不同减水剂对 UHPC 的分散能力，即减水率值越高，对 UHPC 的

分散性能越好。另外由于基本胶凝材料中含有大量硅灰，不加减水剂的基体砂浆需水量较大，测试得到的专用减水剂减水率均达 60%以上，因此指标定为 60%。

砂浆流动度也采用基本胶凝材料配制基体砂浆，并在规定的水胶比和外加剂掺量下进行搅拌，考虑到低水胶比条件对减水剂吸附速率的影响，参考 T/CBMF 128-2021/T/TCCPA 23-2021《超高性能混凝土现浇施工技术规范》中预拌、湿拌工序，搅拌程序设置为慢速干拌 30s，加入减水剂和水后再慢速搅拌 120s，待减水剂吸附较为彻底后再快速搅拌 60s。在该搅拌程序下可保证胶凝材料充分分散，且搅拌时间较短。

通过对不同专用减水剂和普通减水剂对比测试发现，专用减水剂流动度可达 220mm 以上，而常规的普通减水剂均无法达到 220mm，因此设定 220mm 作为基体砂浆流动度指标。

参考 JGJ/T 70-2009 中建筑砂浆凝结时间测试方法对基体砂浆和掺减水剂的受检砂浆进行凝结时间测试，结果表明：不同专用减水剂与基体砂浆凝结时间差最大差值为 300min，考虑到可能的早强型减水剂对砂浆的促凝作用，设定凝结时间差参数为-120min~360min。由于不同 UHPC 工程对减水剂的凝结时间要求不同，因此凝结时间差指标不作为产品合格性评价指标，只作为参考指标。

其他减水剂匀质性指标均参考 GB 8076 进行规定和检测。

四、标准中所涉及的专利

本标准不涉及专利与相关的知识产权。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果

UHPC 是一种具有超高强、超高韧性和超高耐久性的特种工程材料，在国防工程、海洋工程、核工业、特种保安和防护工程，以及市政工程领域有广泛的应用前景。经过近 20 年研究发展，中国的 UHPC 材料生产和工程应用形成的新兴产业已初具规模，应用领域也越来越多，已成为土木工程领域的研究热点。

根据 CCPA-UHPC 分会会员单位提供的部分项目与用量信息，2019 年中国 UHPC 民用工程的用量超过 3 万立方米，2020 年超过 4 万立方米，2021 年大幅增长至 7 万立方米以上（数据来源：CCPA-UHPC 发展新高度系列报道之三），预期到 2023 年底 UHPC 年产可达 10 万立方米以上。按该方量计算，UHPC 专用外加剂需求量可达 2000t 以上。

本标准的发布，对 UHPC 的推广应用，拓宽 UHPC 的应用场景，推动 UHPC 在建筑领域的发展具有重要社会效益。

六、采用国际标准和国外同类先进标准情况

本标准是针对的 UHPC 的专用减水剂标准，尚未检索到国外同类标准。

七、本标准与现行的相关法律、法规、规章及相关标准（包括强制性标准）是否具有一致性

尚未发现同类国际和国外标准，没有可对标或参考的国际国外相应标准规范。

本标准与国内相关标准间的关系为：标准以中建西部建设建材科

学研究院有限公司编制和使用的企业标准《超高性能混凝土用外加剂》（标准编号：Q/510101ZJJC001-2021）为基础，参考 GB 8076《混凝土外加剂》检测方法，并结合 UHPC 对减水剂的实际应用性能需求为依据编制，为 UHPC 用减水剂产品首部标准。

经广泛调研和多方面征求意见，本标准符合现行的相关法律、法规、规章及相关标准的要求。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编制过程中，没有产生任何重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议本标准发布后作为中国建筑材料协会推荐性产品标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

尽快做好标准发布实施工作，标准颁布实施后，相关部门应做好标准宣贯培训工作，制定相应的实施方法，使本标准得以认真执行，在企业生产和产品应用中真正起到指导生产、保证质量、促进工艺技术水平提高的作用。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他予以说明的事项

无。