

ICS 91.060.10

CCS P 32

团 体 标 准

T/ZS 0203-2021

超高性能混凝土外墙（UHPC）围护和装饰板应用技术标准

Technical standards for the application of ultra high performance concrete (UHPC)
exterior wall enclosures and decorative panels

2021-05-20 发布

2021-05-27 实施

浙江省产品与工程标准化协会 发布

浙江省产品与工程标准化协会

公告

第 58 号

关于发布《超高性能混凝土外墙（UHPC） 围护和装饰板应用技术标准》团体标准的 公告

现批准发布《超高性能混凝土外墙（UHPC）围护和装饰板应用技术标准》为本会团体标准，标准编号为 T/ZS 0203-2021。本标准于 2021 年 5 月 20 日发布，自 2021 年 5 月 27 日起实施，现予公告。

浙江省产品与工程标准化协会

二〇二一年五月二十日

前 言

编制组通过广泛调查研究，参考国内外的有关标准，制定了本标准。

本标准共分 9 章，主要内容包括：总则，术语，基本规定，材料，建筑设计，结构设计，安装施工，验收，维修保养。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人：

主编单位：上海建工建材科技集团股份有限公司

参编单位：上海建工集团股份有限公司

浙江大学建筑设计研究院有限公司

上海市建筑装饰工程集团有限公司

拉法基豪瑞投资有限公司

砼创（上海）新材料科技股份有限公司

主要起草人：朱敏涛 朱志华 吴 杰 黄继承 杨东艳 王 宇 刘少瑜

林鹏程 仵毓斐 答宏良 丁 洁 余文杰 马建荣 张默然

李 佳 柯 学 刘家良 吴迎春 曹冬秋 周 君 岳 超

李 芬

目 次

前 言.....	I
1 总 则.....	1
2 术 语.....	2
3 基本规定.....	3
4 材 料.....	4
4.1 超高性能混凝土原材料.....	4
4.2 超高性能混凝土.....	5
4.3 表面防护材料.....	6
4.4 UHPC 板.....	6
4.5 金属材料.....	7
5 建筑设计.....	9
5.1 一般规定.....	9
5.2 性能与检测.....	9
5.3 建筑构造设计.....	10
5.4 UHPC 板的构造与连接设计.....	10
6 结构设计.....	12
6.1 一般规定.....	12
6.2 材料力学性能.....	14
6.3 荷载与作用.....	15
6.4 作用效应组合.....	17
6.5 连接设计.....	18
6.6 承载力极限状态设计.....	19
6.7 抗裂验算.....	20
6.8 锚固承载力设计.....	20
6.9 UHPC 平板结构设计.....	23

6.10 UHPC 背附钢架板结构设计.....	24
7 安装施工.....	27
7.1 一般规定.....	27
7.2 安装施工.....	27
7.3 安装质量.....	28
8 验收.....	29
8.1 一般规定.....	29
8.2 进场验收.....	29
8.3 工程验收.....	30
9 维修保养.....	33
9.1 一般规定.....	33
9.2 检查与维护.....	33
9.3 清洗与保养.....	33
附录 A 制作加工.....	35
A.1 一般规定.....	35
A.2 混凝土制备.....	35
A.3 UHPC 板制作.....	36
A.4 金属构件加工.....	36
A.5 搬运和堆放.....	37
A.6 出厂检验.....	37
本标准用词说明.....	39
引用标准名录.....	40

1 总 则

1.0.1 为规范超高性能混凝土（UHPC）外墙围护和装饰板应用，做到技术先进、安全可靠、适用美观和经济合理，保证工程质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于建筑幕墙采用超高性能混凝土（UHPC）外墙围护和装饰板的材料、建筑设计、结构设计、安装施工、质量验收、维修与保养。

1.0.3 超高性能混凝土（UHPC）外墙围护和装饰板在建筑幕墙中的应用除应符合本标准外，尚应符合国家和地方现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 超高性能混凝土 ultra-high performance concrete

由水泥、矿物掺合料、骨料、纤维、外加剂和水等原材料制成的具有超高力学性能、超高抗渗性能的高韧性水泥基复合材料。简称 UHPC。

2.0.2 超高性能混凝土外墙围护和装饰板 UHPC cladding panel

以超高性能混凝土制作的，用于建筑外围护的非承重外墙板或装饰板。简称 UHPC 板。

2.0.3 预混料 premix

由水泥、矿物掺合料、骨料按超高性能混凝土配合比配制的干混料，其中可包含粉状化学外加剂、纤维。

2.0.4 抗拉强度 tensile strength

单轴拉伸试验过程中试件达到的最大拉应力。

2.0.5 抗弯比例极限强度 proportional ultimate flexural strength

抗弯试样达到比例极限时所对应的底面弯拉应力，即荷载—挠度曲线上刚开始离开直线时所对应的试样底面弯拉应力。

2.0.6 抗弯强度 bending strength

抗弯试样达到最大承载能力时对应的弯拉应力。

2.0.7 UHPC 背附钢架板 UHPC stud frame panel

将 UHPC 面板、预植预埋套筒（或后置预埋套筒等其他形式的连接件）和钢框架等在工厂按设计要求一次预制或装配完成的 UHPC 外墙板。

2.0.8 表面防护材料 surface protection coating

用于改善 UHPC 构件表面耐污、防水、耐久性能的材料。

2.0.9 背附钢架 stud frame

具有结构功能的金属框架，通过预植预埋套筒（或后置预埋套筒等其他形式的连接件）支承 UHPC 面板，并与主体结构相连接。

3 基本规定

- 3.0.1** UHPC 板的结构安全性、耐久性和饰面效果应满足建筑 and 结构设计要求。
- 3.0.2** UHPC 板应满足环境保护的要求。
- 3.0.3** UHPC 板应与其支承结构体系可靠连接。在基层正常变形以及自重、风荷载和室外气候的长期反复作用下，不应产生裂缝、空鼓，不得发生剥落或脱落等破坏。
- 3.0.4** 以 UHPC 板为面材的围护体系，其防火构造、燃烧性能应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。
- 3.0.5** 以 UHPC 板为面材的围护体系，其保温、隔热性能应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 和现行行业标准《居住建筑节能检测标准》JGJ/T 132 等标准的规定。
- 3.0.6** UHPC 板在运输和进场堆放过程中应采取防护措施。
- 3.0.7** UHPC 板用主要原材料均应符合现行国家有关标准的规定，并具有产品合格证、质量保证书及相关性能检测报告。
- 3.0.8** UHPC 板生产前应按设计要求制作样板，样板满足设计要求后方可正式生产。

4 材 料

4.1 超高性能混凝土原材料

4.1.1 水泥宜选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、中热硅酸盐水泥或白色硅酸盐水泥。硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定，中热硅酸盐水泥应符合现行国家标准《中热硅酸盐水泥》GB/T 200 的规定、白色硅酸盐水泥应符合现行国家标准《白色硅酸盐水泥》GB/T 2015 的规定，同时符合厂家对原材料的性能指标要求；当采用其他种类的水泥时，应通过试验验证，满足超高性能混凝土设计性能要求时方可使用。

4.1.2 矿物掺合料的选用应符合下列规定：

- 1** 粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定；
- 2** 硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的规定，SiO₂含量大于90%，同时符合厂家对原材料的性能指标要求；
- 3** 当采用其他矿物掺合料时，矿物掺合料材性应符合现行国家有关标准的规定，同时符合厂家对原材料的性能指标要求，且应通过试验验证，满足超高性能混凝土设计性能要求时方可使用。

4.1.3 骨料宜选用最大粒径不超过 0.5mm 的单粒径石英砂，具体细度与质量标准应符合厂家对原材料的性能指标要求，或应符合现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684 的规定。筛分试验、氯离子含量、硫化物及硫酸盐含量、云母含量检验方法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，二氧化硅含量检验应符合现行行业标准《水泥用硅质原料化学分析方法》JC/T 874 的规定。

4.1.4 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 等相关标准的规定，宜选用高性能减水剂，减水剂的减水率宜大于 30%。当采用其他外加剂时，应通过试验确定其性能符合设计要求。

4.1.5 纤维的选用应符合下列规定：

- 1** 钢纤维应符合现行行业标准《混凝土用钢纤维》YB/T 151 的规定，选用抗拉强度不低于 2000MPa 的微细钢纤维；
- 2** 有机合成纤维应符合现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120 的规定，并通过试验确认超高性能混凝土性能达到本标准的要求和设计要求。

4.1.6 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。

4.1.7 超高性能混凝土宜采用预混料和其他材料配制，并应符合《超高性能混凝土（UHPC）技术要求》T/CECS 10107 的规定。

4.1.8 预混料在贮存和运输过程中不应受潮和混入杂物，应贮存在干燥遮荫的室内环境中，不可暴晒，并应有防雨、防潮、防扬尘措施，贮存过程中包装袋不应破损。

4.1.9 预混料包装袋上应标明产品名称、标记、商标、净含量、保质期、生产日期或批号等。加水量、化学外加剂掺量（如需）、纤维掺量、使用说明、贮存条件及生产单位、地址和电话等应由生产单位另行提供。

4.1.10 原预混料贮存期不宜超过 3 个月，超过 3 个月时应进行复检，复检合格方可继续使用。预混料采用特殊贮存方式的，在满足产品质量的前提下可按厂家规定要求执行。

4.2 超高性能混凝土

4.2.1 超高性能混凝土的力学性能应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 超高性能混凝土力学性能

项目	性能指标
抗压强度（MPa）	≥ 100
抗拉性能（MPa）	≥ 5
受压弹性模量（GPa）	≥ 40
抗弯强度（MPa）	≥ 12
抗弯比例极限强度（MPa）	≥ 7
抗冲击试验	板面无贯通裂缝
抗冲击强度（MPa）	≥ 8
饱水状态抗折强度（MPa）	≥ 13

4.2.2 超高性能混凝土的长期性能和耐久性能应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 超高性能混凝土长期性能和耐久性能

项目	性能指标
干燥收缩（ $\mu\text{m}/\text{m}$ ）	< 1000
氯离子扩散系数（ $10^{-12}\text{m}^2/\text{s}$ ）	< 1.2
抗冻性	板面无破裂分层，冻融循环后与对比试件饱水抗折强度的比值应 ≥ 0.80
冻融循环 100 次极限弯曲强度（MPa）	10~25
二氧化碳碳化深度	$< 0.5\text{mm}$
湿度变形（%）	≤ 0.07
耐热水	60°C 水中浸泡 56d 后的试件与对比试件饱水状态抗折强度的比值 ≥ 0.80
耐干湿	浸泡—干燥循环 50 次后的试件与对比试件饱水状态抗折强度的比值 ≥ 0.75

注：严寒地区应做抗冻性试验并检测冻融循环 100 次极限弯曲强度。

4.2.3 超高性能混凝土的其他性能应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 超高性能混凝土其他性能

名称	性能指标
体积密度	2.2g/cm ³ ~2.4g/cm ³
吸水率	<3%
泊松比	0.19~0.24
线膨胀系数 (1/°C)	(1.0~1.5)×10 ⁻⁵
导热系数	生产企业应给出
燃烧性能	不低于《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中平板状建筑材料 A2 级要求
不透水性	24h 后平板反面允许出现湿痕，但不应出现水滴
放射性	内照射指数≤1.0，外照射指数≤1.0

4.2.4 当设计单位或供需双方提出其他性能要求时，应按现行国家有关标准规定进行试验，无相应标准时应按合同规定进行试验；具体性能指标应满足标准或合同的要求。

4.3 表面防护材料

4.3.1 UHPC 板用表面防护材料应符合现行国家有关产品标准的规定及设计要求。

4.3.2 UHPC 板表面防护材料宜选用具有超疏水自洁功能的渗透型表面防护材料。

4.3.3 UHPC 板的表面防护效果应符合设计要求，且防护有效性不得少于五年。

4.4 UHPC 板

4.4.1 UHPC 板的尺寸允许偏差及检查方法应符合表 4.4.1-1~4.4.1-3 的规定。

表 4.4.1-1 UHPC 板尺寸允许偏差及检查方法

项目		允许偏差	检查方法
长度 a (mm)	a≤1000	±1.3	按 GB/T 7019 的规定进行
	a>1000	±2.5	按 GB/T 7019 的规定进行
宽度 b (mm)	b≤1000	±1.3	按 GB/T 7019 的规定进行
	b>1000	±2.5	按 JC/T 564.2 的规定进行
厚度 t (mm)		±1.0	用长度 2m 靠尺，按 GB/T 7019 的规定进行
边直度 (mm/m)		≤1.0	按 JC/T 564.2 的规定进行
板面平整度 (mm)		≤3.0	金属尺量
对角线差 (mm)		≤6.0	检查方法
孔中心距 (mm)		±1.5	按 GB/T 7019 的规定进行

表 4.4.1-2 背附钢架尺寸允许偏差及检查方法

项目	允许偏差 (mm)	检查方法
边长	±10	尺量检查
对角线差	≤10	尺量检查
连接件、支承件加工尺寸	+5	尺量检查
孔、槽位置	±10	尺量检查
翘曲	≤5	拉线尺量检查

表 4.4.1-3 UHPC 背附钢架板允许偏差 (mm) 及检查方法

项目	允许偏差 (mm)	检查方法
钢架位置偏差	±5	尺量检查
预埋件、孔、槽位置偏差	±5	尺量检查

4.4.2 UHPC 板外观质量应符合下列规定：

1 UHPC 板外露表面应平整、边缘整齐、洁净、无污染、颜色基本一致，不得有缺角、裂纹、裂缝、斑痕、分层、脱皮、起鼓、泛碱、划伤、擦伤等 3m 距离可见的缺陷；

2 板材预埋件周围不得出现裂纹，板材表面不得出现贯穿性的裂纹、宽度大于 0.1mm 的穿透性裂缝。UHPC 板外观质量及检查方法应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 UHPC 板的外观质量及检查方法

项次	项目	质量要求	检查方法	
1	缺棱：长度×宽度不大于 10mm×3mm (长度小于 5mm 不计) 周边允许 (处)	2	金属直尺	
2	缺角：边长 6mm×3mm (边长 2mm×2mm 不计) 允许 (处)	2	金属直尺	
3	裂纹	不可见	3m 距离目测观察	
4	明显擦伤、划伤	不允许	3m 距离目测观察	
5	长度≤100mm 划伤	每平方米≤2 条	金属直尺	
6	擦伤总面积	每平方米≤300mm ²	金属直尺	
7	窝坑 (背面除外)	光面板	不明显	3m 距离目测观察
		有表面质感等特殊装饰效果板	符合设计要求	3m 距离目测观察
8	穿透性裂缝	宽度≤0.1mm	塞尺	

4.4.3 UHPC 板在工厂的加工制作要求应符合本标准附录 A 的规定。

4.5 金属材料

4.5.1 UHPC 板选用的金属支承结构材料应符合现行国家标准《优质碳素结构钢》GB/T 699、《碳素结构钢》GB/T 700 或《铝合金建筑型材》GB/T 5237 的规定。

4.5.2 UHPC 背附钢架用轻型钢、结构型钢预制，其材质应符合现行国家相关标准的规定或设计要求。

4.5.3 紧固件规格应根据计算确定，应具有足够的承载力和可靠性，螺栓、锚栓、铆钉等紧固件应分别符合现行国家有关标准的规定。

4.5.4 UHPC 板中的预埋件应采取防腐蚀措施或采用不锈钢材质，严禁采用预埋钢筋代替预埋件。

4.5.5 应选用与板材线膨胀系数接近的预埋件，产品厂家使用的预埋件必须经过在板材自收缩、干燥收缩、线膨胀、湿热膨胀等条件下计算核准，应对预埋件进行拉拔力试验，并提供检测报告。在预埋时必须通过工装限位和定位，在板材生产过程中利用预埋件作为起模受力件时需保证预埋件不因此受到损伤及板材在预埋件周围不会产生裂纹。

4.5.6 所有的五金连接件及螺纹螺母，必须严格执行设计图纸及技术要求进行，严格执行现行行业标准《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 336 的第 3.5 章节对于连接件与紧固件的规范规定要求，并考虑幕墙的使用寿命及荷载的影响，所有的机械连接必须具备板材缩胀工况下的防松动能力。

4.5.7 焊接材料应符合现行国家相关标准的规定，所选用的焊条型号应与金属结构材料相匹配。

4.5.8 UHPC 板用钢材必须采取防腐蚀措施，背附钢架及连接件宜采用整体热浸镀锌，镀锌层厚度应符合设计要求，镀锌质量应符合现行国家标准《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912 的规定，镀锌层破坏后应涂刷富锌材料。开放式 UHPC 板用钢材应做好防腐防锈处理，端部应封闭，防腐底漆规格以及涂装要求应符合相关规范要求；焊缝连接位置宜采用环氧富锌底漆涂刷两遍并喷涂防水涂料处理，避免焊缝与空气及雨水的接触。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 UHPC 板建筑设计应根据建筑物的使用功能、周围环境、建筑设计要求、技术经济分析，合理选择确定。

5.1.2 UHPC 板的空间形状、表面造型、质感及色彩应符合建筑立面设计要求，还应与制造工艺水平相适应。

5.1.3 UHPC 板的分格尺寸、建筑构造、接缝与连接等应满足建筑设计的要求。

5.1.4 UHPC 板设计应对表面提出防护处理要求。

5.1.5 UHPC 板设计应便于维护、清洁和更换。

5.2 性能与检测

5.2.1 UHPC 板性能设计应根据建筑物的类别、高度、体型和建筑物所在地的地理、气候、环境等条件综合分析确定。

5.2.2 UHPC 板抗风压性能应满足在风荷载标准值作用下，其变形不应超过本标准规定值，且不应发生任何损坏。

5.2.3 UHPC 板的水密性能应符合设计要求。

5.2.4 UHPC 板的平面内变形性能设计应符合下列规定：

- 1 当进行非抗震设计时，应按主体结构弹性层间位移角限值确定；
- 2 当进行抗震设计时，应按主体结构弹性层间位移角限值的 3 倍确定。

5.2.5 UHPC 板及其围护结构的传热系数应按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的规定确定，并应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《居住建筑节能检测标准》JGJ/T 132、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26 或《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75 等相关现行国家和行业标准的规定。

5.2.6 UHPC 板耐撞击性能应满足设计要求。人员流动密度大或青少年、幼儿活动的公共建筑的 UHPC 板，耐撞击性能指标不应低于现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定。

5.2.7 UHPC 板应能承受自重和设计要求的附件重量，并能可靠地传递到主体结构。在自重标准值作用下，水平受力构件在单块面板两端跨距内的最大挠度不应超过该面板两端跨距

的1/500。

5.2.8 UHPC板及其围护结构的隔声性能设计应根据建筑物的使用功能和环境条件设计确定。

5.2.9 UHPC板的性能检测项目，应包括抗风压性能，宜增加平面内变形和其他性能检测。

5.2.10 UHPC板的性能检测，试件的材质、构造、安装施工方法应与实际工程相同。

5.2.11 UHPC板性能检测中，当安装缺陷使某项性能未达到规定要求时，可在改进安装工艺，修补缺陷后重新进行检测。检测报告中应包括改进内容，施工时应按改进后的安装工艺实施；当设计或材料缺陷导致外墙性能检测未达到规定值域时，应停止检测，修改设计或更换材料后，方可重新制作试件，另行检测。

5.3 建筑构造设计

5.3.1 UHPC板的建筑构造设计，应符合安全、适用、绿色、美观的原则，还应便于制作、安装、维修保养和局部更换。

5.3.2 UHPC板连接部位应采取防止构件间摩擦产生噪声的措施。

5.3.3 不同金属材料相接触部位，应设置绝缘衬垫或采取其他有效的防腐措施。

5.3.4 UHPC板的立面分格尺寸应根据建筑物的设计风格、UHPC板的自身特点以及构件的制造成本、运输安装条件等因素综合确定。

5.3.5 UHPC板的接缝宽度应能满足自身的变形和位移要求。

5.3.6 开放式UHPC板宜采用下列防水构造措施：

1 宜在板块的背面空间设置防水构造措施或在建筑主体墙面上设置防水层，并宜设置可靠的导排水系统；

2 宜在UHPC板内表面采用热浸镀锌钢板、铝单板作为防水衬板，防水衬板接缝位置及挂件攻钉位置应采用密封胶进行密封处理。

5.4 UHPC板的构造与连接设计

5.4.1 UHPC平板构造应符合下列规定：

1 UHPC平板厚度不宜小于25mm；

2 UHPC平板的锚固构造可采用预埋方式或后锚固方式，且其有效锚固深度不应小于板厚的1/2；

3 UHPC平板边缘与支承点间的距离应小于支承间距的1/2，且应大于50mm。

5.4.2 UHPC 背附钢架板的构造要求应符合下列规定：

1 UHPC 面板厚度应按结构计算确定，且厚度不应小于 15mm；UHPC 面板的支承间距应按结构计算确定；面板边缘与相邻支承点间的间距应小于支承间距的 1/2；

2 背附钢架的龙骨间距应与面板支承间距一致，龙骨截面尺寸应按结构计算确定；

3 UHPC 面板与背附钢架应采用预埋套筒（或后置预埋套筒等其他形式的连接件）连接，其连接构造应能保证面板受到的垂直于板面的荷载可靠地传递到背附钢架上，且使面板与背附钢架沿平行于板面方向具有满足设计要求的相对位移能力；预埋套筒（或后置预埋套筒等其他形式的连接件）的数量应由结构计算确定。背栓和套筒宜选用不锈钢材质。

5.4.3 UHPC 板与主体结构或支承结构应采用柔性连接，并应符合下列规定：

1 对主体结构允许误差、UHPC 板制作误差及施工安装误差等应具有三维可调适应能力；对于双曲面异形板，还应具有多自由度可调适应能力；

2 对UHPC 板与主体结构间因温湿度作用产生的相对变形或位移应具有适应能力；且应将这种温湿度作用在 UHPC 板内产生的应力控制在设计允许的范围；

3 应满足UHPC 板平面内变形性能的要求。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 UHPC 板应按围护结构设计，应具有足够的承载力、抗裂性、刚度、稳定性和相对于主体结构的位移能力。

6.1.2 UHPC 板与主体结构应采用柔性连接。当采用螺栓连接时，应有可靠的防松、防滑措施；当采用短槽后置挂件连接时，应有可靠的防脱、防滑措施。

6.1.3 UHPC 板结构设计应按弹性方法计算作用效应，并按本标准第 6.4 节的规定进行作用效应组合。作用效应应符合下列规定：

- 1 非抗震设计时，应计算重力荷载、风荷载和温湿度作用效应；
- 2 抗震设计时，应计算重力荷载、风荷载、地震作用效应和温湿度作用效应。

6.1.4 UHPC 板结构设计应分别计算生产、施工阶段的作用效应，并应分别进行作用效应组合。

6.1.5 UHPC 板结构构件应按各效应组合中的最不利组合进行设计。

6.1.6 对于承载力极限状态，UHPC 板结构构件应按下列规定验算承载力：

- 1 无地震作用效应组合时，承载力应符合下式要求：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (6.1.6-1)$$

- 2 有地震作用效应组合时，承载力应符合下式要求：

$$S_E \leq \frac{R}{\gamma_{RE}} \quad (6.1.6-2)$$

式中： S ——荷载效应按基本组合的设计值；

S_E ——地震作用效应和其他荷载效应按基本组合的设计值；

R ——UHPC 板及其他结构构件的抗力设计值；

γ_0 ——UHPC 板及其他结构构件重要性系数，对安全等级分别为一、二、三级或设计使用年限分别为 100 年及以上、50、5 年时，重要性系数分别不应小于 1.1、1.0、0.9；

γ_{RE} ——UHPC 板及其他结构构件承载力抗震调整系数，取 1.0

6.1.7 对于正常使用极限状态，荷载应按标准组合，UHPC 板应验算抗裂承载力和挠度，其他结构构件应验算挠度，并应符合下列规定：

1 UHPC 板抗裂承载力应符合下式要求：

$$S_{\gamma} \leq R_{\gamma} \quad (6.1.7-1)$$

式中： S_{γ} ——荷载效应按标准组合的设计值；

R_{γ} ——UHPC 板抗裂承载力设计值。

2 UHPC 板或其他结构构件的挠度应符合下式要求：

$$u \leq u_{lim} \quad (6.1.7-2)$$

式中： u ——UHPC 板或其他结构构件在风荷载标准值作用下或在风荷载标准值与永久荷载标准值共同作用下产生的挠度值；

u_{lim} ——UHPC 板或其他结构构件的挠度限值。

3 双向受弯板，两个方向的挠度应分别符合公式(6.1.7-2)的规定。

6.1.8 根据锚固连接破坏后果的严重程度，UHPC 板的预埋锚固设计或后锚固设计应按本标准表 6.1.8 的规定确定相应的安全等级，且不应低于 UHPC 板自身的安全等级。

表 6.1.8 预埋锚固连接与后锚固连接的安全等级

安全等级	破坏后果	锚固类型
一级	很严重	重要的锚固
二级	严重	一般的锚固

6.1.9 UHPC 板预埋锚固连接或后锚固连接的承载力应按下列规定验算：

1 无地震作用效应组合，预埋锚固连接或后锚固连接的承载力应符合下式要求：

$$\gamma_A S \leq R \quad (6.1.9-1)$$

2 有地震作用效应组合，预埋锚固连接和后锚固连接的承载力应分别符合下列公式要求：

预埋锚固连接：

$$\gamma_A S \leq R/\gamma_{RE} \quad (6.1.9-2)$$

后锚固连接：

$$\gamma_A S \leq kR/\gamma_{RE} \quad (6.1.9-3)$$

式中： γ_A ——预埋锚固连接或后锚固连接重要性系数，对一级、二级的锚固安全等级，分别取 1.2、1.1，且 $\gamma_A \geq \gamma_0$ ；对有地震作用效应组合取 1.0；

S ——无地震作用效应或有地震作用效应的基本组合设计值，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定进行计算；

- R ——锚固承载力设计值；
- k ——地震作用下锚固承载力降低系数，按表 6.1.10 确定；
- γ_{RE} ——锚固承载力抗震调整系数，取 1.0。

表 6.1.9 地震作用下锚固承载力降低系数 K

破坏形态		受力性质	受拉	受剪
锚栓或植筋钢材破坏			1.0	1.0
UHPC 破坏	机械锚栓	扩底型锚栓	0.8	0.7
		膨胀型锚栓	0.7	0.6
	化学锚栓	特殊倒锥形锚栓	0.8	0.7
		普通化学锚栓	0.7	0.6
混合破坏	普通化学锚栓	0.7	—	

6.1.10 UHPC 板的结构设计可采用有限元法进行计算。

6.1.11 UHPC 板安装宜采用四点支承和背附钢架的形式。

6.2 材料力学性能

6.2.1 钢材的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定采用，也可按表 6.2.1-1 采用；锚栓的性能等级应按所用钢材的抗拉强度标准值 f_{stk} 及屈强比 f_{yk}/f_{stk} 确定，相应性能指标应按表 6.2.1-2 采用。

表 6.2.1-1 钢材的强度设计值 (N/mm²)

钢材牌号	厚度或直径 d (mm)	抗拉、抗压、抗弯	抗剪	端面承压
Q235	$d \leq 16$	215	125	320
	$16 < d \leq 40$	205	120	
	$40 < d \leq 100$	200	115	
Q355	$d \leq 16$	305	175	400
	$16 < d \leq 40$	295	170	
	$40 < d \leq 63$	290	165	

注：表中厚度是指计算点的钢材厚度；对轴心受力构件是指截面中较厚板件的厚度。

表 6.2.1-2 碳素钢及合金钢锚栓的性能指标

性能等级		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8
抗拉强度标准值	f_{stk} (N/mm ²)	300	400		500		600	800
屈服强度标准值	f_{yk} 或 $f_{s0.2k}$ (N/mm ²)	180	240	320	300	400	480	640
伸长率	δ_5 (%)	25	22	14	20	10	8	12

注：1 性能等级 3.6 表示： $f_{stk}=300\text{N/mm}^2$ ， $f_{yk}/f_{stk}=0.6$ ；

2 伸长率 δ_s 表示：试样的标距等于 10 倍直径时的伸长率。

6.2.2 不锈钢的抗拉、抗压强度设计值应按其屈服强度标准值 f_{yk} 除以系数 1.15 采用，其抗剪强度设计值可按其抗拉强度设计值的 0.58 倍采用；不锈钢锚栓的性能等级应按所用钢材的抗拉强度标准值 f_{stk} 及屈服强度标准值 f_{yk} 确定，相应性能指标应按表 6.2.2 采用。

表 6.2.2 不锈钢锚栓的性能指标

性能等级	螺纹直径 d (mm)	抗拉强度标准 f_{stk} (N/mm ²)	屈服强度标准 f_{yk} (N/mm ²)	伸长值 δ
50	≤39	500	210	0.6d
70	≤24	700	450	0.4d
80	≤24	800	600	0.3d

注：d 为锚栓公称直径。

6.2.3 耐候钢强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 取值。

6.2.4 钢结构连接强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 取值。

6.2.5 UHPC 材料抗弯强度标准值 (f_{Mk}) 和比例极限强度标准值 (f_{Lk}) 应由试验确定。

6.2.6 UHPC 材料的抗拉强度标准值 (f_{Uk}) 和抗拉初裂强度标准值 (f_{Bk}) 按下列公式计算：

$$f_{Uk} = 0.4f_{Mk} \quad (6.2.6-1)$$

$$f_{Bk} = f_{Lk}/1.5 \quad (6.2.6-2)$$

6.3 荷载与作用

6.3.1 UHPC 及其他材料的重力密度标准值可按表 6.3.1 的规定采用。

表 6.3.1 材料的重力密度 γ_g (kN/m³)

材料	γ_g
UHPC	22~26
钢材	78.5

6.3.2 UHPC 板的风荷载标准值应按下式计算，且标准值不应小于 1.0kN/m²：

$$\omega_k = \beta_{gz}\mu_{sl}\mu_z\omega_0 \quad (6.3.2)$$

式中： ω_k ——风荷载标准值(kN/m²)；

β_{gz} ——UHPC 板抗裂承载力设计值。

μ_{sl} ——风荷载局部体型系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定；

ω_0 ——基本风压(kN/m²)，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定。

6.3.3 垂直于 UHPC 板面板平面的分布水平地震作用标准值可按下式计算：

$$q_{EK} = \beta_E \alpha_{max} G_K / A \quad (6.3.3)$$

式中: q_{EK} ——垂直于 UHPC 板面板平面的分布水平地震作用标准值 (kN/m²) ;

β_E ——动力放大系数, 可取 5.0;

α_{max} ——水平地震影响系数最大值, 应按表 6.3.3 确定;

G_K ——UHPC 板 (包括 UHPC 板和钢架) 的重力荷载标准值 (kN) ;

A ——UHPC 板平面面积 (m²) 。

表 6.3.3 水平地震影响系数最大值 α_{max}

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度
α_{max}	0.04	0.08(0.12)	0.16(0.24)

注: 7、8 度时括号内数值分别用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

6.3.4 平行于 UHPC 板面板平面的集中水平地震作用标准值可按下式计算:

$$P_{EK} = \beta_E \alpha_{max} G_K \quad (6.3.4)$$

式中: P_{EK} ——平行于 UHPC 板面板平面的集中水平地震作用标准值 (kN) 。

6.3.5 UHPC 板的支承结构以及连接件、锚固件所承受的地震作用标准值应包括 UHPC 板传来的地震作用标准值和其自身重力荷载标准值产生的地震作用标准值。

6.3.6 UHPC 板的温度应力宜根据支承约束情况按表 6.3.6 确定。

表 6.3.6 UHPC 板的温度应力值 σ_{ts} (N/mm²)

环境条件	抗拉面	温度梯度(°C)	σ_{ts}
冬季	潮湿	5	0.4~0.8
		10	0.9~1.7
		15	1.4~2.5
夏季	干燥	5	0.2~0.5
		10	0.4~0.9
		15	0.6~1.3
		20	0.8~1.8

注: 表 6.3.6 中温度梯度系指 UHPC 板与主体结构或支撑结构间的温度梯度, σ_{ts} 系指表示一定温度梯度条件下 UHPC 构件内产生的温度应力范围。当板的几何尺寸小, 且连接节点位移阻力小时, 一般取较小值; 当板的几何尺寸大, 且连接节点位移阻力大时, 一般取较大值。

6.3.7 UHPC 板的湿度应力宜根据支承结构的约束情况按表 6.3.7 确定。

表 6.3.7 UHPC 板的湿度应力值 σ_{ss} (N/mm²)

完全限制	短期	全部使用期
室内	1.3~1.8	0.7~0.9
室外	1.0~1.5	0.5~0.8

注: 表 6.3.7 中, 当设计使用年限为短期时, UHPC 构件的干湿应力较大, 其干湿应力宜取该表第二列中的相应数值范围; 而在长期使用条件下, UHPC 板经长期干湿交替作用后, 其干湿应力已大幅度降低, 因而,

其干湿应力宜取该表第三列相应竖直范围。对于干湿应力的取值，当板的几何尺寸小，且连接节点位移阻力小时，一般取较小值；当板的几何尺寸大，且连接节点位移阻力大时，一般取较大值。

6.4 作用效应组合

6.4.1 UHPC 板结构构件、预埋件、连接件按承载力极限状态设计时，沿垂直于板面方向的荷载与作用效应按下列规定进行组合：

1 无地震作用效应组合时，应按下列式进行：

$$S = \gamma_G S_{GK} + \psi_W \gamma_W S_{Wk} + \psi_{TM} \gamma_{TM} S_{TMk} \quad (6.4.1-1)$$

2 有地震作用效应组合时，应按下列式进行：

$$S = \gamma_G S_{GK} + \psi_W \gamma_W S_{Wk} + \psi_E \gamma_E S_{EK} + \psi_{TM} \gamma_{TM} S_{TM} \quad (6.4.1-2)$$

式中：S ——荷载和作用效应按基本组合的设计值；

S_{Gk} ——永久荷载效应标准值；

S_{Wk} 、 S_{Ek} 、 S_{TM} ——分别为风荷载、地震作用和温湿度作用效应标准值(按不同的组合情况，三者分别作为第一个、第二个和第三个可变荷载和作用效应)；

γ_G 、 γ_W 、 γ_E 、 γ_{TM} ——各荷载和作用的分项系数，按本标准第 6.4.3 条的规定取值；

ψ_W 、 ψ_E 、 ψ_{TM} ——分别为风荷载、地震作用和温湿度作用的组合值系数，按本标准第 6.4.4 条的规定取值。

6.4.2 UHPC 板应按荷载和作用效应的最不利组合进行设计。

6.4.3 荷载和作用的分项系数应按下列规定确定：

1 永久荷载分项系数 γ_G ：

- 1) 当其效应对结构不利时，应取 1.3；
- 2) 当其效应对结构有利时，应取 1.0；

2 风荷载分项系数 γ_W 应取 1.5；

3 地震作用分项系数 γ_E 应取 1.3；

4 温湿度作用分项系数 γ_{TM} 应取 1.5。

6.4.4 当有两个及两个以上可变荷载或作用(风荷载、地震作用和温湿度作用)效应参与组合时，第一个可变荷载或作用效应的组合值系数可取 1.0；第二个可变荷载或作用效应的组合值系数可取 0.6；第三个可变荷载或作用效应的组合值系数可取 0.2。

6.4.5 对于水平安装或水平倒挂的 UHPC 板，可不考虑地震作用效应的组合。

6.4.6 当 UHPC 板进行抗裂验算时，其荷载与作用效应组合应按标准组合，并按下列规定计算：

1 对于 UHPC 竖直外墙，沿垂直于板面方向的荷载与作用效应组合应按下式计算：

$$S = \gamma_w S_{wk} + \gamma_{TM} S_{TMk} \quad (6.4.6-1)$$

2 对于倾斜安装的 UHPC 板，沿垂直于板面方向的荷载与作用效应组合应按下列公式计算：

当重力荷载对结构有利时：

$$S = \gamma_w S_{wk} + \gamma_{TM} S_{TMk} \quad (6.4.6-2)$$

当重力荷载对结构不利时：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_w S_{wk} + \gamma_{TM} S_{TMk} \quad (6.4.6-3)$$

式中：S ——荷载与作用按标准组合设计值；

S_{Gk} 、 S_{wk} 、 S_{TMk} ——分别为重力荷载、风荷载和温湿度作用效应标准值；

γ_G 、 γ_w 、 γ_{TM} ——分别为重力荷载、风荷载和温湿度作用效应的分项系数，取 1.0。

6.4.7 UHPC 板及其他结构构件进行挠度验算时，其荷载与作用效应按标准组合，且应符合下列规定：

1 对于 UHPC 竖直外墙，UHPC 板及其支承结构沿垂直于板面方向的荷载与作用效应组合值应按下式计算：

$$S = \gamma_w S_{wk} \quad (6.4.7-1)$$

2 对于倾斜安装的 UHPC 板，UHPC 板及其支承结构沿垂直于板面方向的荷载与作用效应组合值应按下列公式计算：

当重力荷载对结构有利时：

$$S = \gamma_w S_{wk} \quad (6.4.7-2)$$

当重力荷载对结构不利时：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_w S_{wk} \quad (6.4.7-3)$$

式中：S ——荷载与作用按标准组合设计值；

S_{Gk} 、 S_{wk} ——分别为重力荷载、风荷载作用效应标准值；

γ_G 、 γ_w ——分别为重力荷载、风荷载作用效应的分项系数，取 1.0。

6.5 连接设计

6.5.1 主体结构或结构构件，应能承受 UHPC 板传递的荷载和作用。连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。

6.5.2 UHPC 板与主体结构的连接应进行承载力设计，其支承结构连接处的连接件、焊缝、螺栓等设计，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《铝合金结构设计规范》GB 50429 和现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的规定。连接处的受力

螺栓不应少于 2 个。

6.5.3 UHPC 板与支承结构或主体结构连接时，应进行抗拉承载力和开裂验算。

6.5.4 当 UHPC 板采用立柱、横梁等组成的支承结构时，其立柱宜悬挂在主体结构上。

6.5.5 UHPC 板与主体混凝土结构应通过预埋件连接，预埋件应在主体结构混凝土施工时埋入，预埋件的位置应准确；当没有条件采用预埋件连接时，应采用其他可靠的连接措施，并应通过试验确定其承载力。

6.5.6 由锚板和对称配置的锚固钢筋所组成的受力预埋件设计应符合现行行业标准《玻璃纤维增强水泥建筑应用技术标准》JGJ/T 423 的规定。

6.5.7 槽式预埋件的预埋钢板及其他连接措施应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定确定，并宜通过试验确认其承载力。

6.5.8 UHPC 板支承结构与主体结构的后锚固连接设计，应按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定确定，并应进行承载力现场试验。

6.5.9 UHPC 板与砌体结构连接时，宜在连接部位的主体结构上增设钢筋混凝土或钢结构梁、柱等支承结构。轻质填充墙不应作为 UHPC 板的支承结构。

6.6 承载力极限状态设计

6.6.1 对于风荷载控制的基本组合，UHPC 板截面应力设计值验算应符合下列公式要求：

$$\gamma_0 \sigma \leq \frac{K f_{MK}}{\gamma_m \gamma_b} \quad (6.6.1-1)$$

$$K = \frac{MOR_A}{MOR_E} \left(\frac{f_{LK}}{f_{MK}} \leq K \leq 1 \right) \quad (6.6.1-2)$$

当缺乏 UHPC 老化试验数据时，UHPC 板的截面应力设计值验算可按下式计算：

$$\gamma_0 \sigma \leq \frac{f_{MK}}{\gamma_m \gamma_b} \quad (6.6.1-3)$$

式中： γ_0 ——构件重要性系数，取 1.0；对于抗震设计，不考虑构件的重要性系数；

σ ——按基本组合，UHPC 板截面应力设计值；

f_{MK} ——UHPC 材料抗弯强度标准值，由试验确定；

K ——UHPC 强度衰减系数；

γ_m ——UHPC 材料分项系数，取 1.4；

γ_b ——UHPC 标准试件与 UHPC 板抗弯性能差异系数，按本标准第 6.6.2 条的规定采用；

MOR_A ——UHPC 材料在自然大气暴露条件下设计使用年限后的抗弯强度值；

MOR_E ——UHPC 材料标准龄期抗弯强度值；

f_{lk} ——UHPC 材料比例极限强度标准值，由试验确定。

6.6.2 UHPC 标准试件与 UHPC 板抗弯性能差异系数 γ_b 应按表 6.6.2 确定。

表 6.6.2 UHPC 标准试件与矩形截面 UHPC 板的抗弯性能差异系数 γ_b

板厚 h(mm)	6~10	12~16	20	40	60	100	200	300
γ_b	1.0	1.05	1.08	1.15	1.2	1.25	1.37	1.5

6.7 抗裂验算

6.7.1 对于风荷载控制的标准组合，其开裂应力设计值应符合下式要求：

$$\sigma_r \leq \frac{f_{lk}}{\gamma_g \gamma_b} \quad (6.7.1)$$

式中： σ_r ——按标准组合，UHPC 板截面开裂应力设计值（N/mm²）；

γ_g ——UHPC 标准试件与 UHPC 板的抗弯性能差异系数；

f_{lk} ——UHPC 材料比例极限强度标准值（N/mm²），由试验确定；

γ_g ——UHPC 材料抗裂分项系数，取 1.8。

6.7.2 对于温湿度应力控制的标准组合，其开裂应力设计值应符合下式要求：

$$\sigma_r \leq f_{Bk} / \gamma_g \quad (6.7.2)$$

式中： f_{Bk} ——UHPC 材料抗拉初裂强度标准值（N/mm²）

γ_g ——UHPC 材料抗裂分项系数，取 1.8。

6.8 锚固承载力设计

6.8.1 荷载按基本组合，锚固受拉承载力设计值应符合表 6.8.1 的规定。

表 6.8.1 锚固受拉承载力设计规定

破坏类型	设计规定
锚栓钢材破坏	$\gamma_A N_d \leq F_{SK} / \gamma_{SN}$
UHPC 锥体受拉破坏	$\gamma_A N_d \leq F_{CK} / \gamma_{CN}$
UHPC 劈裂破坏	$\gamma_A N_d \leq F_{SPK} / \gamma_{SPN}$

注： N_d ——荷载按基本组合计算的锚固拉力设计值（N）；

F_{sk} ——锚栓（或锚杆）钢材破坏受拉承载力标准值（N）；

F_{ck} ——UHPC 锥体破坏受拉承载力标准值（N）；

F_{spk} ——UHPC 劈裂破坏受拉承载力标准值（N）；

γ_A ——锚固连接的重要性系数，按本标准第 6.1.8 条和第 6.1.9 条采用；

γ_{sN} ——锚栓钢材破坏受拉承载力分项系数，按本标准表 6.8.5 采用；

γ_{cN} ——UHPC 锥体破坏受拉承载力分项系数，按本标准表 6.8.5 采用。

γ_{spN} ——UHPC 劈裂破坏受拉承载力分项系数，按本标准表 6.8.5 采用。

6.8.2 荷载按基本组合，锚固受剪承载力应符合表 6.8.2 的规定。

表 6.8.2 锚固受剪承载力设计规定

破坏类型	设计规定
锚栓钢材破坏	$\gamma_A V_d \leq Q_{SK}/\gamma_{SV}$
UHPC 楔形体破坏	$\gamma_A V_d \leq Q_{CK}/\gamma_{CN}$
UHPC 剪撬破坏	$\gamma_A V_d \leq Q_{CPK}/\gamma_{CPV}$

注： V_d ——荷载按基本组合计算的锚固剪力设计值（N）；

Q_{SK} ——锚栓钢材破坏受剪承载力标准值（N）；

Q_{CK} ——UHPC 边缘破坏受剪承载力标准值（N）；

Q_{CPK} ——UHPC 剪撬破坏受剪承载力标准值（N）；

γ_A ——锚固连接的重要性系数，按本标准第 6.1.8 条和第 6.1.9 条采用；

γ_{SV} ——锚采用材破坏受剪承载力分项系数，按本标准表 6.8.5 采用；

γ_{CV} ——UHPC 边缘破坏受剪承载力分项系数，按本标准表 6.8.5 采用；

γ_{CPV} ——UHPC 剪撬破坏受剪承载力分项系数，按本标准表 6.8.5 采用。

6.8.3 拉剪复合受力下锚栓或连接螺栓钢材破坏时的承载力，应符合下列公式要求：

$$\left(\frac{N_d}{F_{Sd}}\right)^{1.5} + \left(\frac{V_d}{Q_{Sd}}\right)^{1.5} \leq 1 \quad (6.8.3-1)$$

$$F_{Sd} = F_{SK}/\gamma_{SN} \quad (6.8.3-2)$$

$$Q_{Sd} = Q_{SK}/\gamma_{SN} \quad (6.8.3-3)$$

式中： F_{Sd} ——锚栓钢材破坏受拉承载力设计值(N)；

Q_{Sd} ——锚栓钢材破坏受剪承载力设计值(N)。

6.8.4 拉剪复合受力下 UHPC 破坏时的承载力应符合下列公式要求：

$$\left(\frac{N_d}{F_{cd}}\right)^{1.5} + \left(\frac{V_d}{Q_{cd}}\right)^{1.5} \leq 1 \quad (6.8.4-1)$$

$$F_{cd} = F_{CK}/\gamma_{CN} \quad (6.8.4-2)$$

$$Q_{cd} = Q_{CK}/\gamma_{CN} \quad (6.8.4-3)$$

式中： F_{cd} ——UHPC 锥体破坏受拉承载力设计值(N)；

Q_{cd} ——UHPC 边缘破坏受剪承载力设计值(N)。

6.8.5 UHPC 板锚固承载力分项系数宜根据锚固连接破坏类型及 UHPC 板的类型不同，按表 6.8.5 确定。

表 6.8.5 锚固承载力分项系数

项次	符号	锚固破坏类型	UHPC 背附钢架板、单块面积小于 3m ² 的 UHPC 带肋板或用于 24m 以下建筑高度的 UHPC 平板	单块面积大于 3m ² 的 UHPC 带肋板或用于高层建筑的 UHPC 平板和单块面积小于 3m ² 的 UHPC 带肋板

1	γ_{cN}	UHPC 锥体受拉破坏	1.8	3.0
2	γ_{cV}	UHPC 边缘受剪破坏	1.5	2.5
3	γ_{spN}	UHPC 劈裂破坏	1.8	3.0
4	γ_{cpV}	UHPC 剪撬破坏	1.5	2.5
5	γ_{sN}	锚栓钢材受拉破坏	1.2	1.3
6	γ_{sV}	锚栓钢材受剪破坏	1.2	1.3

6.8.6 对于 UHPC 板的后锚固抗震设计，其锚固拉力设计值和锚固剪力设计值应按本标准第 6.4.1 条第 2 款的规定进行计算，后锚固受拉、受剪承载力应根据现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的相关公式进行计算，其计算结果应符合本标准第 6.1.9 条第 2 款的规定。

6.8.7 UHPC 板和 UHPC 背附钢架板的锚固承载力标准值可按下列要求确定：

1 应根据设计要求，按工厂制作工艺技术规程制作不少于 20 个锚固受拉试件（尺寸：300mm×300mm），经标准养护后测试锚固受拉承载力，并按下列公式计算预埋锚固受拉承载力标准值：

$$F_K = \bar{F} \left[1 - t_a(n-1) \frac{S_N}{\bar{F}} \right] \quad (6.8.7-1)$$

$$S_N = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2} \quad (6.8.7-2)$$

式中： F_K ——锚固受拉承载力标准值（kN）；

\bar{F} ——该批试件锚固受拉承载力平均值（kN）；

S_N ——该批试件锚固受拉承载力样本方差；

F_i ——单个试件的锚固受拉承载力（kN）；

n ——样本容量；

t_a ——学生氏函数，按置信度 $1-a$ 和样本容量 n 确定。

2 应根据设计要求，按工厂制作工艺技术规程制作不少于 20 个锚固受剪试件（尺寸：300mm×300mm），经标准养护后测试锚固受剪承载力，并按下列公式计算预埋锚固受剪承载力标准值：

$$Q_K = \bar{Q} \left[1 - t_a(n-1) \frac{S_V}{\bar{Q}} \right] \quad (6.8.7-1)$$

$$S_V = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (6.8.7-2)$$

式中： Q_K ——锚固受剪承载力标准值（kN）；

\bar{Q} ——该批试件锚固受剪承载力平均值（kN）；

S_v ——该批试件锚固受剪承载力样本方差；

Q_i ——单个试件的锚固受剪承载力（kN）。

6.8.8 对于 UHPC 带肋板或缺乏锚固承载力实验数据的 UHPC 平板，锚固受拉承载力标准值和锚固受剪承载力标准值宜按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的相关公式计算确定。

6.9 UHPC 平板结构设计

6.9.1 截面应力计算应符合下列规定：

1 UHPC 平板采用四点支承时，在重力荷载或风荷载或地震作用下产生的截面应力标准值应按下列式计算：

$$\sigma_k = \frac{6mq_k l_y^2}{h^2} \quad (6.9.1)$$

式中： σ_k ——UHPC 平板在重力荷载或风荷载或地震作用下产生的截面应力标准值

(N/mm²)，即 σ_k 分别代表 σ_{Gk} 或 σ_{Wk} 或 σ_{Ek} ；

q_k ——重力荷载或风荷载或地震作用标准值 (N/mm²)；

l_y ——UHPC 平板支承点间长边边长 (mm)；

h ——UHPC 平板厚度 (mm)；

m ——四点支承 UHPC 平板弯矩系数，根据 UHPC 平板支承点间的短边与长边边长之比按表 6.9.1 确定。

表 6.9.1 四点支承 UHPC 板的弯矩系数 m

l_x/l_y	0.00	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
m	0.125	0.126	0.127	0.129	0.130	0.132	0.134	0.136
l_x/l_y	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	——
m	0.138	0.140	0.142	0.145	0.148	0.151	0.154	——

注： l_x 为支承点之间的短边边长。

2 UHPC 平板受温湿度作用产生的截面应力标准值宜按本标准第 6.3.7 条和第 6.3.8 条的要求确定。

6.9.2 UHPC 平板的挠度验算应符合下列规定：

1 UHPC 平板的刚度 D 应按下列式计算：

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (6.9.2-1)$$

2 UHPC 平板的挠度的计算应符合下列规定：

1) 对于竖直外墙或当自重对结构有利时的倾斜外墙，其挠度值应按下列式计算：

$$u = \frac{\mu \omega_k l_y^4}{D} \quad (6.9.2-2)$$

2) 对于当自重对结构不利时的倾斜外墙应按下式计算:

$$u = \frac{\mu(q_{GK} + \omega_k)l_y^4}{D} \quad (6.9.2-3)$$

式中: D ——UHPC 平板刚度 (Nmm) ;

ν ——UHPC 材料泊松比, 由试验确定;

q_{Gk} ——UHPC 平板重力荷载标准值沿垂直于板面方向的分量 (N/mm²) ;

μ ——挠度系数, 根据 UHPC 平板支承点间短边与长边边长之比按表 6.9.2 采用;

ω_k ——风荷载标准值 (N/mm²) ;

l_y ——UHPC 平板支承点间长边边长 (mm) ;

E ——UHPC 材料弹性模量 (N/mm²) ;

h ——UHPC 平板厚度 (mm) ;

u ——UHPC 平板挠度 (mm) 。

表 6.9.2 四点支承 UHPC 板的挠度系数 μ

l_x/l_y	0.00	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
μ	0.01302	0.01317	0.01335	0.01367	0.01417	0.01451	0.01496	0.01555
l_x/l_y	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	——
μ	0.01630	0.01725	0.01842	0.01984	0.02157	0.02363	0.02603	——

注: l_x 为支承点之间的短边边长, 四点支承 UHPC 平板的挠度限值宜按其支承点间长边边长的 1/240 确定。

6.9.3 当进行锚固受拉承载力设计时, UHPC 锥体破坏受拉承载力标准值宜按本标准第 6.8.7 条的规定计算, 在缺乏锚固承载力实验数据时亦可按本标准第 6.8.8 条的规定计算。计算所得的锚固受拉承载力标准值应符合本标准第 6.8.1 条的规定; 对于后锚固抗震设计, 应符合本标准第 6.8.6 条的规定。

6.10 UHPC 背附钢架板结构设计

6.10.1 UHPC 面板结构设计应符合下列规定:

1 UHPC 面板采用纵横相互平行排列的背附钢架的支承形式可简化为点支承结构 (图 6.10.1) ;

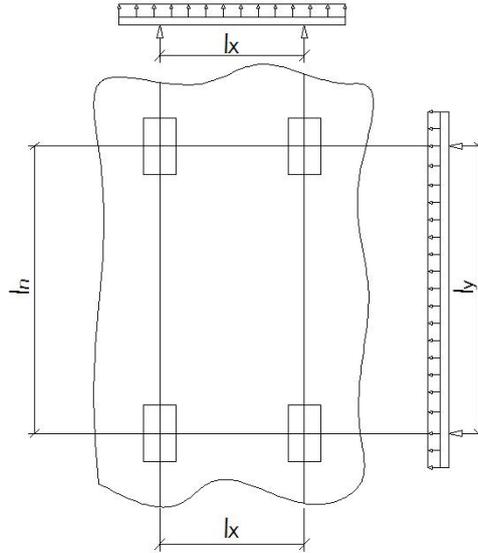


图 6.10.1 任一板区格内的计算简图

2 UHPC 面板在重力荷载或风荷载或地震作用下，板区格截面产生的最大应力标准值应按下式计算：

$$\sigma_k = 0.7312 \frac{q_k l_n^2}{h^2} \quad (6.10.1)$$

式中： σ_k ——面板在重力荷载或风荷载或地震作用下产生的截面应力标准值（N/mm²），

即 σ_k 分别代表 σ_{Gk} 或 σ_{Wk} 或 σ_{Ek} ；

q_k ——重力荷载或风荷载或地震作用标准值（N/mm²），即 q_k 分别代表 q_{Gk} 或 q_{Wk} 或 q_{Ek} ；

l_n ——板区格长边净跨（mm）；

h ——板区格面板厚度（mm）。

3 UHPC 面板应分别进行承载力验算和抗裂验算。所计算的锚固受剪承载力标准值应符合本标准第 6.8.2 条的规定。其中，UHPC 板的锚固剪力设计值应依据 UHPC 板传递到锚固处的各种剪力按基本组合计算。

6.10.2 背附钢架设计应符合下列规定：

1 龙骨截面主要受力部位的厚度应符合下列规定：

- 1) 非轴拉受力状态的龙骨，其截面的宽厚比应符合钢结构设计标准规定；
- 2) 热轧钢型材的有效厚度不应小于 3mm。

2 龙骨宜采用钢型材。钢型材宜采用耐候钢；碳素钢型材应热浸镀锌或采取其他有效防腐措施。处于潮湿或腐蚀条件下的钢型材，可按计算厚度增加 1mm 为设计厚度；

3 作用于龙骨上的荷载应根据 UHPC 面板在龙骨上的支承状况以及龙骨之间的传力途径计算确定；

4 承受轴力和弯矩作用的龙骨，其承载力应符合钢结构规范相关规定；

5 不承受轴力的龙骨，其截面受弯承载力和受剪承载力应分别符合钢结构设计标准的规定。UHPC 面板在龙骨上偏置使龙骨产生较大扭矩时，尚应进行龙骨受扭承载力计算；

6 龙骨之间的连接应能承受 UHPC 面板的各种荷载和作用及绕龙骨形心轴的扭转力；

7 背附钢架应进行挠度验算，其挠度限值为 $l/240$ 。

7 安装施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 安装面板前，应复查质保资料并进行性能复试。
- 7.1.2 面板表面防护符合设计要求。
- 7.1.3 UHPC 板的施工应根据审查合格的施工图设计文件和审查批准的施工方案，在主体结构施工质量验收合格后进行。

7.2 安装施工

- 7.2.1 UHPC 板应通过支承结构与主体结构连接。UHPC 板与支承结构应采用插槽连接或螺栓连接，严禁现场焊接。
- 7.2.2 竖向连续分布构件宜自下而上安装，竖向不连续分布的构件可同时在不同层次作业。横向连续构件的安装顺序应根据误差进行分配，宜从边角开始安装。环窗构件的安装顺序宜为窗台—窗边—窗顶。
- 7.2.3 横向尺度大的 UHPC 板应采用两点或多点吊装。吊点设置应平衡。
- 7.2.4 有背附钢架的 UHPC 板，吊点数量和位置应根据背附钢架刚度和构件的形状确定。吊装点应布置在钢架上，吊装荷载不应作用到构件或锚杆上。
- 7.2.5 UHPC 板就位后经测量确定三维方向的位置和角度都应在允许误差范围内，方可固定。
- 7.2.6 每个 UHPC 板均应独立与主体结构或支承结构连接，不得承受上部或邻近 UHPC 板的荷载。
- 7.2.7 檐线、腰线、窗台线等横向 UHPC 板，应有不小于 3%的排水坡度。
- 7.2.8 支承结构与主体结构连接应在围护墙体和屋面的保温层和防水层施工前完成。如遇特殊情况需要倒序施工，对破坏的保温层和防水层应填充封堵。安装 UHPC 板时，严禁踩踏、碰撞和破坏保温层和防水层。
- 7.2.9 UHPC 板接缝允许偏差内，可将部分安装偏差在构件接缝中调整。
- 7.2.10 UHPC 板与墙体接缝及其与其他围护材料的接缝处理措施，应符合设计要求。
- 7.2.11 UHPC 板与主体结构的连接节点应按隐蔽工程验收。
- 7.2.12 背附钢架与 UHPC 板可以工厂安装或施工现场安装，安装完成后的面板挂点四周不

应出现开裂现象。

7.3 安装质量

7.3.1 UHPC 板与主体结构的净距应符合下列规定：

- 1 UHPC 板背面与预制混凝土结构净距不应小于 40mm，与现浇混凝土结构净距不应小于 50mm；
- 2 UHPC 板背面与钢结构净距不应小于 40mm；
- 3 UHPC 板与主体结构的连接点在上下、左右、前后三个方向内的调节空间净距不应小于 25mm。

7.3.2 安装效果应符合下列规定：

- 1 安装后的 UHPC 外立面应线条清晰、层次分明、表面平整、曲面过渡光滑，横向构件应保证平直度，竖向构件应保证垂直度，整体效果应达到建筑设计要求；
- 2 UHPC 板表面应洁净，表面颜色和质感应符合样板要求；
- 3 UHPC 板间接缝应平直、均匀，不得有歪斜、错台及边角损坏。

7.3.3 安装偏差应符合下列规定：

- 1 建筑平面内，UHPC 板与建筑轴线的距离偏差不应大于 12mm；
- 2 立面 3m 高度 UHPC 板立面垂直度偏差不应大于 5mm；立面 15m 高度 UHPC 板立面垂直度偏差不应大于 10mm；立面 30m 高度 UHPC 板立面垂直度偏差不应大于 20mm；
- 3 单个 UHPC 板顶部标高与设计标高偏差不应大于 10mm，相邻构件顶部标高偏差不应大于 5mm；
- 4 UHPC 板长度小于或等于 6m 时，接缝宽度与设计宽度偏差不应大于 5mm；UHPC 板长度大于 6m 时，接缝宽度与设计宽度偏差不应大于 10mm；
- 5 相邻 UHPC 板面内错台偏差不应大于 5mm；
- 6 与主体结构相连的连接件定位偏差不应大于 5mm。

8 验收

8.1 一般规定

8.1.1 UHPC 板的验收包括技术资料复核、现场检查和抽样检查。

8.1.2 UHPC 板的验收检验批的划分应符合下列规定：

- 1 设计、材料、工艺和施工条件相同的UHPC板工程，每1000m²为一个检验批，不足1000m²应划分为一个独立检验批；每个检验批每100m²应至少查一处，没处不得少于10m²；
- 2 同一个单位工程中不连续的UHPC板工程应单独划分检验批；
- 3 对于异形或有特殊要求的UHPC板，检验批的划分应根据UHPC板的结构、工艺特点及UHPC板工程的规模，宜由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

8.2 进场验收

8.2.1 进场验收应检查 UHPC 板产品合格证，钢构件、连接件材质证明及合格证，安装密封胶合格证、合格证及有效期内的型式检验报告等文件资料。

8.2.2 UHPC 外墙工程涉及的各类材料进场应按设计要求及相关质量标准验收，并应进行验收记录。

8.2.3 UHPC板进场时应进行外观、包装和尺寸的抽查。

8.2.4 项目进行前应按本标准表 4.2.1~4.2.3、表 4.4.1-1~4.4.1-3 及表 4.4.2 中已提供性能指标要求的全部项目提供第三方检测报告，并符合业主和设计方的要求。

8.2.5 UHPC 板应进行材料性能复试，复试试件应由 UHPC 板供应商提供，并与施工项目配方及生产工艺一致。复试应在 UHPC 板正式投产后进行，每项工程宜复试 1 次，特殊要求应在合同中明确。

8.2.6 性能复试项目应包括抗压强度、体积密度、抗弯强度、抗弯比例极限强度、吸水率、抗冲击强度。另外，严寒地区应增加抗冻性试验并检测冻融循环 100 次极限弯曲强度。

8.2.7 UHPC 板性能检测项目检测应符合下列规定：

- 1 外观质量和尺寸偏差应按本标准表 4.4.1-1~4.4.1-3 和表 4.4.2 的要求进行检测；
- 2 抗压强度、抗拉强度、体积密度、抗弯强度、抗弯比例极限强度和冻融循环 100 次极限弯曲强度应按现行国家标准《玻璃纤维增强水泥性能试验方法》GB/T 15231 规定的方法进行检测；

3 弹性模量应按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 规定的方法进行检测；

4 氯离子扩散系数、二氧化碳碳化深度应按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 规定的方法进行检测；

5 吸水率、干燥收缩、抗冲击强度、不透水性、饱水状态抗折强度应按现行国家标准《纤维水泥制品试验方法》GB/T 7019 规定的方法进行检测；

6 导热系数应按现行行业标准《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法》GB 10294 规定的方法进行检测；

7 燃烧性能应按现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 规定的方法进行检测；

8 放射性应按现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 规定的方法进行检测；

9 湿度变形、耐热水、耐干湿性能应按现行行业标准《外墙用非承重纤维增强水泥板》JG/T 396 规定的方法进行检测；

10 泊松比应按现行行业标准《建筑幕墙用陶板》JG/T 324 规定的方法进行检测；

11 线膨胀系数应按现行行业标准《水工混凝土试验规程》DL/T 5150 规定的方法进行检测；

12 抗拉拔试验应按现行行业标准《建筑装饰用石材蜂窝复合板》JG/T 328 规定的方法进行检测。

13 抗冻性试验应按现行行业标准《外墙用非承重纤维增强水泥板》JG/T 396-2012 规定的方法进行检测；

14 应按现行国家标准《玻璃纤维增强水泥性能试验方法》GB/T 15231 规定的方法进行冻融循环 100 次极限弯曲强度检测。

8.2.8 UHPC 板验收合格后，应在产品的显著位置设置标识标牌，标识标牌的内容应包括产品编号、制作日期、合格状态和生产企业名称等信息。

8.3 工程验收

8.3.1 UHPC 板工程验收前应将其表面全面清洗干净。

8.3.2 UHPC 板工程验收时应提交下列资料：

- 1 通过审查并经建筑设计单位确认的有关 UHPC 板设计图纸、结构计算书、设计变更

文件等；

- 2 进场验收及第三方检测的合格证、检测报告、验收记录；
- 3 设计单位提出检测要求的涉及UHPC板中预埋件、锚固件、连接件拉拔及剪切性能检测报告；
- 4 隐蔽工程中间验收记录；
- 5 设计单位提出检测要求的涉及外墙系统性能的检测报告；
- 6 现场安装的施工记录；
- 7 UHPC板工程竣工验收表；
- 8 其他合同有要求的质量保证资料。

I 主控项目

8.3.3 UHPC板所使用的材料、构件和组件的质量，应符合设计要求及国家现行产品标准的规定。

检验方法：检查材料、构件、组件的产品合格证书、进场验收记录和本标准第8.2.4、8.2.6条中所规定的材料力学性能复验报告。

8.3.4 UHPC板的造型、立面分格、颜色、光泽、花纹和图案应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查。

8.3.5 主体结构的预埋件和后置埋件的位置、数量、规格尺寸及后置埋件、槽式预埋件的拉拔力应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录、隐蔽工程验收记录；槽式预埋件、后置埋件的拉拔试验检测报告。

8.3.6 检查面板用胶粘剂的相容性和密封胶的污染性，面板用的胶粘剂应符合规范要求。

检验方法：相容性试验和剥离粘接性试验。

8.3.7 UHPC板构架与主体结构预埋件或后置埋件以及UHPC板之间连接应牢固可靠，金属框架和连接件的防腐处理应符合设计要求。

检验方法：手扳检查；检查隐蔽工程验收记录。

8.3.8 UHPC板的挂件的位置、数量、规格和尺寸允许偏差应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录或施工记录。

8.3.9 UHPC板连接用背栓、预置螺母、抽芯铆钉、连接螺钉的位置、数量、规格尺寸和拉拔力应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录、施工记录以及连接点的拉拔力检测报告。

8.3.10 UHPC板的金属构架应与主体防雷装置可靠接通，并符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录。

8.2.11 UHPC板的防火、保温、防潮材料的设置应符合设计要求，填充应密实、均匀、厚度一致。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录。

8.3.12 有水密性能要求的UHPC板应无渗漏。

检验方法：检查现场淋水记录。

II 一般项目

8.3.13 UHPC板表面应平整、边缘整齐、洁净、无污染、颜色基本一致。不得有缺角、裂纹、裂缝、斑痕、分层、脱皮、起鼓、泛碱等3m距离可见的缺陷。

检验方法：观察；尺量检查。

8.3.14 板缝应平直、均匀，注胶封闭式板缝注胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，深浅基本一致、缝宽基本均匀、光滑顺直，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求；胶条封闭式板缝的胶条应连续，均匀、安装牢固、无脱落，板缝宽度应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查

8.3.15 滴水线宽窄均匀、光滑顺直，流水坡向符合设计要求。

检验方法：观察。

8.3.16 UHPC板的外观质量和检验方法应符合本标准表4.4.2的规定。

8.3.17 UHPC板的安装质量检验应在风力小于4级时进行，安装质量和检验方法应符合本标准第7.3.3条的规定。

9 维修保养

9.1 一般规定

9.1.1 UHPC 外墙工程竣工验收时, 施工单位应向业主提供 UHPC 使用维护说明书, 说明书应包括下列内容:

- 1 施工方的保修责任及后期服务项目;
- 2 定期检查、维护、保养要求;
- 3 使用注意事项。

9.1.2 UHPC 外墙工程的保修期符合现行国家有关标准的规定。

9.1.3 UHPC 板表面检查、清洗、维护和保养应根据使用维护说明书进行, 高空作业应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规程》JGJ 80 的规定。

9.2 检查与维护

9.2.1 UHPC 外墙工程竣工验收后 1 年, 应对 UHPC 板进行 1 次检查, 此后每 5 年检查 1 次, 使用 10 年后应每 3 年全面检查 1 次, 检查项目应符合下列规定:

- 1 当 UHPC 板出现变形、错位、松动时, 应进一步检查该构件对应的隐蔽构造;
- 2 UHPC 板安装结构、连接件、连接螺栓、预埋件、锚固件、锚固块连接应可靠, 应无锈蚀并不应危害结构安全等;
- 3 UHPC 板嵌缝应无脱胶、开裂和老化, 应无渗漏情况;
- 4 UHPC 板应无结构性裂纹;
- 5 UHPC 板表面应无污染情况及防水效果良好。

9.2.2 对检查中发现的结构安全隐患应根据使用维护说明书进行维护或更换。

9.2.3 对检查中发现的局部破损、螺栓松动、连接件锈蚀、密封胶损坏等应及时维护。

9.2.4 在地震、台风、火灾等重大自然灾害发生后, 应进行全面检查。

9.3 清洗与保养

9.3.1 UHPC 板面应避免受到人为污染和破坏, 板面应清洁。

9.3.2 应在表面防护材料防护效果有效年限期满或实际防护效果已经不能满足使用要求时进行防护剂的再次施工。

9.3.3 UHPC 板的清洗周期应根据地域及产品表面污染的实际情况确定，不宜少于每年1次，宜采用中性清洗材料。

9.3.4 建筑投入使用后应避免对产品的二次破坏。当需对 UHPC 板进行钻孔、切割、调整产品与结构连接方式等处理时，应制定施工方案并经过设计验算。

附录 A 制作加工

A.1 一般规定

A.1.1 UHPC 板生产单位应具备相应的生产工艺设施和必要的试验检测手段，并应建立完善的质量管理体系。

A.1.2 UHPC 板制作前，应根据设计要求、工艺要求和质量标准进行技术交底，并应制定相应的生产方案。

A.2 混凝土制备

A.2.1 应根据混凝土工作性能、强度、耐久性以及其他必要性能要求计算初始配合比。设计配合比应经试配、调整，得出满足工作性能要求的基准配合比，并经强度等技术指标复核后确定。

A.2.2 配合比设计宜采用绝对体积法。水胶比宜控制在 0.14~0.22 之间、胶凝材料用量宜控制在 $850\text{kg}/\text{m}^3\sim 1000\text{kg}/\text{m}^3$ 之间，掺加有机合成纤维时，其掺量宜控制在 $20\text{kg}/\text{m}^3\sim 60\text{kg}/\text{m}^3$ 之间。

A.2.2 超高性能混凝土的搅拌应符合下列规定：

1 超高性能混凝土宜采用强制式搅拌机搅拌，搅拌时宜将水泥、掺和料、骨料、粉剂外加剂等干料预先干拌 1min~2min，然后加入水和其他液体原材料湿拌，湿拌时间不宜低于 5min，至拌合物接近目标流动性；然后缓慢加入纤维，待纤维全部加完后继续搅拌不少于 2min，至纤维在拌合物中分散均匀；

2 超高性能混凝土的搅拌方式可根据产品特点和实际情况进行调整；

3 采用预混料制备超高性能混凝土时，应根据使用说明书中的要求进行搅拌；

4 搅拌应保证活性混凝土拌合物质量均匀；同一盘混凝土的匀质性应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

A.2.3 超高性能混凝土制品的成型应符合下列规定：

1 宜采用自密实拌合物从模具的一侧开始浇筑，一次性浇筑至所需厚度；

2 成型过程中不得进行插捣；

3 浇筑成型宜选用自流平或自密实浆料或采取内外辅助振动工艺进行密实。

A.2.4 超高性能混凝土构件的养护可采用自然养护或热养护方式，并应符合下列规定：

- 1 构件成型后, 应立即在模具表面覆盖塑料薄膜, 避免水分散失;
- 2 采用热养护方式时, 应采用标准蒸汽养护制度, 蒸汽养护温度控制宜采用自动控制系统。静停时的环境温度应在 10°C 以上、相对湿度 60% 以上, 静停时间不小于 6h。静停之后进行蒸汽养护, 升温速度不应大于 12°C/h 的速率升温至 70°C, 保持恒温 (70°C±5°C) 72h, 然后以不大于 15°C/h 的速率降至构件表面温度与环境温度之差不大于 20°C 的温度范围内, 此过程中相对湿度应保持在 70% 以上;
- 3 采用自然养护方式时, 养护的环境平均气温宜高于 10°C, 当环境平均气温低于 10°C 或最低气温低于 5°C 时, 应按冬期施工处理, 采取保温措施;
- 4 UHPC 装饰构件宜采用自然养护, 以减少表面色差。

A.3 UHPC 板制作

- A.3.1** UHPC 板制作前应进行产品图的设计, 产品图应与安装图相一致。
- A.3.2** UHPC 板产品图应标识构件尺寸、预埋件及背附钢架对应位置、构件剖面、细部详图、材料名称及规格等信息。
- A.3.3** 制作 UHPC 板的模具应有足够刚度和尺寸精度且不吸水。投入生产前应对模具进行验收。应选用对 UHPC 板表面无污染的隔离剂并均匀涂覆。
- A.3.4** 带有背附钢架的 UHPC 板在进行装配作业时应采取必要的承托和定位措施, 装配应按产品设计图纸进行。
- A.3.5** UHPC 板制作时应做同期试件, 当测得同期试件抗压强度达到 UHPC 设计强度的 40% 以上方可脱模, 脱模时不应采用局部应力过于集中的方法, 当构件特殊或尺寸太大无法采用人工脱模时, 应在构件中埋入专用脱模套管或套环, 借助起吊设备以及脱模辅助装置操作。

A.4 金属构件加工

- A.4.1** 金属构件的形状、尺寸、规格应符合设计要求。
- A.4.2** 钢构件的加工应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定; 钢构件焊接、螺栓连接应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 及《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。
- A.4.3** UHPC 板生产企业应配置金属构件加工需要的场地和设施, 加工好的金属构件不应产生变形。
- A.4.4** 金属构件加工制作应符合设计要求, 与 UHPC 板装配前应检验尺寸偏差、安置点位

置、焊接质量、防锈涂层或镀锌质量等。

A.5 搬运和堆放

A.5.1 UHPC 板搬运应符合下列规定：

- 1 UHPC 板的搬运应根据产品的形状、尺寸和重心，采取合理的搬运措施，做到搬运次数最少化；
- 2 搬运期间，构件应避免受到因振动、碰撞或挤压导致的局部应力集中；
- 3 搬运过程中应采取人身安全和对产品的必要保护措施，对于特殊产品应制定专门的质量安全保证措施。

A.5.2 UHPC 板堆放应符合下列规定：

- 1 应根据 UHPC 板造型特点按位置顺序进行堆放，应避免构件产生变形、破损或开裂。支承性、填充性以及防护性材料不应应对构件产生损坏、污染；
- 2 应设置专门的堆放场地，场地应平整、坚实，并应留有足够的中转空间和运输通道；
- 3 堆放在成品区的 UHPC 板应采取必要的包装保护措施，应避免淋雨或与土、油、侵蚀性气体、焦油或烟雾直接接触；
- 4 对使用衬垫或支架等支承构件，支承点应为安装预埋件位置。当两个构件需叠放时，接触位置应放置缓冲材料；
- 5 雨期和寒冷天气应采取防雨淋、防雪措施。

A.6 出厂检验

A.6.1 出厂检验应符合下列规定：

- 1 出厂检验项目应包括：产品外观质量、尺寸偏差、抗压强度、弹性模量、抗弯强度、抗弯比例极限强度、体积密度、吸水率；
- 2 检验批：由同种原材料用相同工艺生产的制品组成一个受检批量，每个批量为 200 件或 2000 平方米制品，不足 200 件或 2000 平方米时，亦作为一个批量。或者由同种原材料用相同工艺生产的用于同一工程的制品组成一个受检批；
- 3 检测方法：出厂检验应按本标准第 8.2.7 条中规定的检测方法进行检测；
- 4 判定
 - 1) 尺寸偏差：逐件检验，UHPC 板的尺寸偏差的检测方法应符合本标准中表 4.4.1-1~4.4.1-3 的规定，对不符合项允许进行修整，修整后仍不能符合要求时，判为不合格品；

2) 外观质量: 逐件检验, UHPC 板的外观质量及检测方法应符合本标准中表 4.4.2 的规定, 对不符合项允许进行修整, 修整后仍不能符合要求时, 判为不合格品;

3) 力学性能、长期性能和耐久性能、其他性能: 对每一受检批, UHPC 板的力学性能、长期性能和耐久性能、其他性能符合本标准中表 4.2.1~4.2.3 的规定时判该批产品合格, 否则判该批产品不合格。

5 总判定: 出厂检验中所有规定的检验项目均符合标准规定时, 判该批产品为合格产品。

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

- 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》 GB 50018
- 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
- 《民用建筑热工设计规范》 GB 50176
- 《公共建筑节能设计标准》 GB 50189
- 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 《铝合金结构设计规范》 GB 50429
- 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 《中热硅酸盐水泥》 GB/T 200
- 《优质碳素结构钢》 GB/T 699
- 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 《白色硅酸盐水泥》 GB/T 2015
- 《铝合金建筑型材》 GB/T 5237
- 《纤维水泥制品试验方法》 GB/T 7019
- 《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》 GB/T 13912
- 《建筑用砂》 GB/T 14684
- 《玻璃纤维增强水泥性能试验方法》 GB/T 15231
- 《建筑幕墙》 GB/T 21086
- 《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》 GB/T 21120
- 《砂浆和混凝土用硅灰》 GB/T 27690

- 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
- 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
- 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26
- 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75
- 《建筑施工高处作业安全技术规程》JGJ 80
- 《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99
- 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134
- 《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145
- 《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 336
- 《居住建筑节能检测标准》JGJ/T 132
- 《水泥用硅质原料化学分析方法》JC/T 874
- 《玻璃纤维增强水泥（GRC）装饰制品》JC/T 940
- 《玻璃纤维增强水泥外墙装饰板》JC/T 1057
- 《建筑幕墙用陶板》JG/T 324
- 《混凝土结构防护用渗透型涂料》JG/T 337
- 《外墙用非承重纤维水泥板》JG/T 396
- 《玻璃纤维增强水泥建筑应用技术标准》JGJ/T 423
- 《水工混凝土试验规程》DL/T 5150
- 《混凝土用钢纤维》YB/T 151
- 《超高性能混凝土（UHPC）技术要求》T/CECS 10107