

# Q/510107ZJCL

中建材料技术研究成都有限公司企业标准

Q/510107ZJCL 002-2020

## 超高性能混凝土（UHPC）装饰板幕墙 工程技术规程

2020-04-02 发布

2020-04-10 实施

中建材料技术研究成都有限公司 发布

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。  
本标准由中建材料技术研究成都有限公司提出。  
本标准起草单位：中建材料技术研究成都有限公司。  
本标准主要起草人：罗遥凌、谢昱昊、闫欣宜。  
本标准首次发布。

# 超高性能混凝土（UHPC）装饰板幕墙工程技术规程

## 1 总则

- 1.1 为规范超高性能混凝土装饰板幕墙工程的应用，做到安全可靠、技术先进、经济合理、美观适用，制定本规程。
- 1.2 本规程适用于建筑高度不大于 100m，抗震设防烈度不大于 8 度（含 8 度）的一般工业与民用建筑用超高性能混凝土装饰板幕墙工程的设计、加工制作、安装施工、工程验收及保养和维修。
- 1.3 在正常使用状态下，超高性能混凝土装饰板幕墙应具有良好的工作性能。抗震设计的超高性能混凝土装饰板幕墙，在遭受多遇地震影响时，一般不需修理即可继续使用；当遭受设防烈度地震影响时，有轻微损坏，经一般修理后可继续使用；当遭受预估的罕遇地震影响时，幕墙面板支承构件不得脱落。
- 1.4 超高性能混凝土装饰板幕墙工程的材料、设计、加工制作、安装施工、工程验收及保养和维修，除应符合本规程外，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

**超高性能混凝土装饰板幕墙** Ultra-high performance concrete decorative panel curtain wall  
由超高性能混凝土装饰板与支承结构体系组成，具有承载能力、变形能力和适应主体结构位移的能力，但不承担主体结构所受作用力的建筑外围护墙。

#### 2.1.2

**超高性能混凝土装饰板** Ultra-high performance concrete decorative panel  
以超高性能混凝土作为基材，经防护处理，安装在钢结构或混凝土结构建筑上的非承重装饰墙板。

### 2.2 符号

#### 2.2.1 材料力学性能

材料力学性能符号如下：

- a)  $E$ ——材料弹性模量；
- b)  $f$ ——材料抗拉、抗压和抗弯强度设计值；
- c)  $f_{\sigma}$ ——材料强度标准差；
- d)  $f_{ce}$ ——耐候钢和铸钢件端面承压强度设计值；
- e)  $f_{cs}$ ——不锈钢型材和板材端面承压强度设计值；
- f)  $f_k$ ——材料抗拉、抗压和抗弯强度标准值；
- g)  $f_m$ ——材料强度平均值；
- h)  $f_v$ ——材料抗剪强度设计值；
- i)  $R_{el}$ ——耐候钢的下限屈服强度；
- j)  $R_{p0.2}^b$ ——钢材的规定非比例延伸强度；
- k)  $\sigma_b$ ——螺栓抗拉强度。

### 2.2.2 作用和作用效应

作用和作用效应符号如下：

- a)  $G_k$ ——重力荷载标准值；
- b)  $N$ ——点支承连接面板(背栓和穿透支承连接)拉力设计值；
- c)  $N_{Ek}$ ——点支承连接面板单个连接点在地震作用下的拉力标准值；
- d)  $N_{wk}$ ——点支承连接面板单个连接点在风荷载作用下的拉力标准值；
- e)  $P$ ——点支承连接面板(背栓和穿透支承连接)单个连接点受拉破坏力最小值；
- f)  $P_{Ek}$ ——平行于幕墙平面的集中地震作用标准值；
- g)  $q_{Ek}$ ——垂直于幕墙平面的水平地震作用标准值；
- h)  $R$ ——构件截面承载力设计值；
- i)  $S$ ——作用效应组合的设计值；
- j)  $S_E$ ——地震作用效应设计值；
- k)  $S_{Ek}$ ——地震作用效应标准值；
- l)  $S_{Gk}$ ——重力荷载(永久荷载)效应标准值；
- m)  $S_{wk}$ ——风荷载效应标准值；
- n)  $S_{Tk}$ ——温度作用效应标准值；
- o)  $V$ ——剪力设计值；
- p)  $W_k$ ——风荷载标准值；
- q)  $\gamma_{gk}$ ——材料重力密度标准值；
- r)  $\sigma_{Ek}$ ——垂直于面板的地震作用下的弯曲应力标准值；
- s)  $\sigma_{wk}$ ——垂直于面板的风荷载作用下的弯曲应力标准值。

### 2.2.3 参数

参数符号如下：

- a)  $A$ ——幕墙平面面积；
- b)  $a$ ——矩形面板的短边边长；
- c)  $a_0$ ——4点支承矩形面板，支承点之间较短的距离；
- d)  $b$ ——矩形面板的长边边长；
- e)  $b_0$ ——点支承矩形面板，支承点之间较大的距离；
- f)  $c_1$ ——开缝式板缝竖向接缝宽度；
- g)  $c_2$ ——开缝式板缝横向接缝宽度；
- h)  $D$ ——面板刚度；面板材料密度；
- i)  $l$ ——跨度；
- j)  $l_1$ ——矩形面板竖向边长；
- k)  $l_2$ ——矩形面板横向边长；
- l)  $n$ ——面板连接件(抽芯铆钉、螺钉等)数量；
- m)  $n_1$ ——承受面板自重荷载的背栓数量；
- n)  $t_e$ ——面板计算厚度；
- o)  $\nu$ ——材料的泊松比。

### 2.2.4 系数

系数符号如下：

- a)  $g_R$ ——承载力分项系数；

- b)  $m$ ——弯矩系数;
- c)  $\alpha$ ——材料线膨胀系数;
- d)  $\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数最大值;
- e)  $\beta$ ——应力调整系数;
- f)  $\beta_E$ ——地震作用动力放大系数;
- g)  $\gamma_0$ ——结构构件重要性系数;
- h)  $\gamma_E$ ——地震作用分项系数;
- i)  $\gamma_G$ ——重力荷载(永久荷载)分项系数;
- j)  $\gamma_r$ ——材料性能分项系数;
- k)  $\gamma_{RE}$ ——结构构件承载力抗震调整系数;
- l)  $\gamma_w$ ——风荷载分项系数;
- m)  $\gamma_T$ ——温度作用分项系数;
- n)  $\mu$ ——挠度系数;
- o)  $\psi_E$ ——地震作用效应的组合值系数;
- p)  $\psi_w$ ——风荷载作用效应的组合值系数;
- q)  $\psi_T$ ——温度作用的组合值系数。

### 2.2.5 其他

其他符号如下:

- a)  $d_f$ ——构件在风荷载标准值或永久荷载标准值作用下产生的挠度值;
- b)  $d_{f,lim}$ ——构件的挠度限值;
- c)  $u_{lim}$ ——由主体结构层间位移引起的分格框的变形限值。

## 3 材料

### 3.1 一般规定

3.1.1 超高性能混凝土幕墙应选用耐候性材料。金属材料和金属配件除不锈钢和耐候钢外,均应采取表面防腐蚀处理措施。

3.1.2 超高性能混凝土墙所用材料的燃烧性能等级要求应符合现行行业标准JGJ 336的有关规定。

3.1.3 超高性能混凝土幕墙所用材料应有产品合格证书、质保证书及性能检测报告。

### 3.2 铝合金材料

3.2.1 铝合金材料的牌号所对应的化学成分应符合现行国家标准GB/T 3190的有关规定。

3.2.2 铝合金型材的牌号和状态、壁厚、尺寸偏差、表面处理种类、膜厚及质量,应符合现行国家标准GB/T 5237.1、GB/T 5237.2、GB/T 5237.3、GB/T 5237.4、GB/T 5237.5和GB/T 5237.6的有关规定,其截面尺寸允许偏差不应低于高精级的要求。

3.2.3 铝合金型材表面处理层种类和膜厚应根据构件的工作环境选用,并满足使用要求。

### 3.3 钢材

3.3.1 超高性能混凝土装饰板幕墙用碳素结构钢、合金结构钢、低合金高强度结构钢和碳钢铸件应符合现行国家标准GB/T 700、GB/T 3077、GB/T 1591, GB/T 3274、GB/T 8162和GB/T 11352的有关规定。

3.3.2 超高性能混凝土装饰板幕墙用不锈钢材应符合现行国家标准GB/T 1220、GB/T 4226、GB/T 3280、GB/T 4237、GB/T 4240的有关规定。

3.3.3 超高性能混凝土装饰板幕墙用耐候钢应符合现行国家标准GB/T 4171的有关规定。

3.3.4 超高性能混凝土装饰板幕墙用碳素结构钢、低合金结构钢和低合金高强度结构钢时，其防腐措施应符合现行行业标准JGJ 336的有关规定。

3.3.5 钢材之间的焊接应符合现行国家标准GB 50661的有关规定。焊接所用的焊条应符合现行国家标准GB/T 5117、GB/T 5118、GB/T 983等的有关规定。

### 3.4 面板材料

3.4.1 超高性能混凝土装饰板所用原材料应符合下列规定：

- a) 硅酸盐水泥应符合现行国家标准GB 175的有关规定，白色硅酸盐水泥应符合GB/T 2015的规定，强度等级不应小于52.5号；
- b) 矿物掺合料可采用粉煤灰、磨细矿渣和硅灰等，其中，粉煤灰应符合现行国家标准GB/T 1596的有关规定，磨细矿渣应符合现行国家标准GB/T 18046的有关规定，硅灰应符合现行国家标准GB/T 27690的有关规定，当采用其他矿物掺合料时，应通过试验进行验证，确定超高性能混凝土性能满足工程应用要求后方可使用；
- c) 骨料宜为粒径小于4.75mm的细骨料。细骨料应符合现行国家标准GB/T 14684的有关规定；细骨料还应符合现行国家标准GB/T 31387中天然砂含泥量和泥块含量、人工砂石粉含量的规定；
- d) 外加剂应符合现行国家标准GB/T 31387的有关规定；
- e) 纤维应符合现行国家标准GB/T 31387的有关规定；
- f) 水应符合现行行业标准JGJ 63的有关规定。

3.4.2 超高性能混凝土装饰板的规格尺寸宜符合表1的规定。

表1 超高性能混凝土装饰板常用的规格尺寸

厚度 (mm)	宽度 (mm)	长度 (mm)
40~50	900、1 200	4 200

3.4.3 超高性能混凝土装饰板的主要性能宜符合表2的规定。

表2 超高性能混凝土装饰板的主要性能要求

项目	指标	试验方法
体积密度 (g/cm <sup>3</sup> )	≤1.8	GB/T 15231
吸水率 (%)	≤14	
抗弯极限强度 (MPa)	≥18	
抗冲击强度 (kJ/m <sup>2</sup> )	≥8	
抗冻性	冻融循环后，无起层、剥落现象，板的质量损失不大于 5%，强度损失不大于 25%	
燃烧性能等级	A 级	GB 8624
放射性	IRa≤1.0 和 Iγ≤1.0	GB 6566

注：

- a) 吸水率的测试采用的是未经六面防护处理的板材。
- b) 抗冻性中的冻融循环次数为严寒地区100次，寒冷地区75次，夏热冬冷地区50次，夏热冬暖地区25次。

### 3.5 连接件与紧固件

3.5.1 超高性能混凝土装饰板幕墙配套使用的紧固件应符合现行国家标准GB/T 3098.1、GB/T 3098.2、GB/T 3098.5、GB/T 3098.6、GB/T 3098.15和GB/T 3098.21的有关规定。

3.5.2 锚栓可采用碳素钢、不锈钢或合金钢材料，并应符合现行行业标准JG/T 160和JGJ 145的规定。

3.5.3 超高性能混凝土装饰板幕墙防雷连接件的材质、截面尺寸和防腐处理应符合现行国家标准GB 50057和行业标准JGJ 16的有关规定。

### 3.6 密封材料和粘结材料

3.6.1 采用注胶封闭板缝时，宜采用硅烷改性聚醚类或聚氨酯类密封胶，主要性能应符合表3的规定，其粘结性能和耐久性应满足设计要求，应具有适用于面板基材和接缝尺寸及变位量的类型和位移能力级别，且不应污染所接触的材料。

表3 密封胶主要性能要求

项目		指标	试验方法
位移能力 (%)		±20	GB/T 13477.12
拉伸模量	23℃	≤0.4	GB/T 13477.8
	-20℃	≤0.4	

3.6.2 超高性能混凝土装饰板幕墙用密封胶条应符合现行国家标准GB/T 24498的有关规定。

### 3.7 其他材料

3.7.1 防火材料应符合下列规定：

- 应符合现行国家标准GB 50016的规定，具备产品合格证书和耐火检验报告；
- 超高性能混凝土装饰板幕墙防火层的托板材料应采用厚度不小于1.5mm的镀锌钢板，不得采用铝板、铝塑板；
- 超高性能混凝土装饰板幕墙用防火封堵材料应符合现行国家标准GB 23864的有关规定，发生火灾时，在规定时限范围内不应发生位移、脱落现象，不应产生有毒有害气体；
- 防火层的密封材料应采用防火密封胶，性能应符合现行国家标准GB/T 24267的有关规定。

3.7.2 超高性能混凝土装饰板幕墙宜采用岩棉、玻璃棉等保温隔热材料，并应符合现行国家标准GB/T 25975、GB/T 17795的有关规定。

## 4 建筑设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 超高性能混凝土装饰板幕墙的建筑设计应根据建筑物的建筑美学、使用功能和所处环境等，进行立面分格、结构形式及构造。

4.1.2 超高性能混凝土装饰板幕墙的性能设计应根据建筑物所在地的地理、气候、环境，建筑物的类别、体型、高度，使用功能以及设计使用年限等条件进行，性能指标和设计应符合现行国家标准GB/T 21086的有关规定。

### 4.2 性能设计

4.2.1 超高性能混凝土装饰板幕墙的抗风压性能、抗震性能、层间变形性能、水密性能、气密性能、热工性能、空气声隔声性能及耐撞击性能设计应符合现行行业标准JGJ336的有关规定。

4.2.2 超高性能混凝土装饰板幕墙的防火、防雷等其他安全性设计应符合现行行业标准JGJ 336的有关规定。

#### 4.3 构造设计

4.3.1 超高性能混凝土装饰板幕墙的构造设计应满足安全、适用、耐久、美观、经济的要求，并应方便制作、安装、维修和保养。

4.3.2 超高性能混凝土装饰板幕墙的防水构造设计要求应符合下列规定：

- a) 采用封闭式板缝设计时，应采用密封胶封闭，并应有渗漏雨水的排水措施；
- b) 采用开放式板缝设计时，应在面板的后部空间设置防水构造。寒冷及严寒地区的开放式超高性能混凝土装饰板幕墙，应采取防止积水、积冰和防止幕墙结构及面板冻胀损坏的可靠措施。

4.3.3 注胶封闭式超高性能混凝土装饰板幕墙，板缝的密封胶胶缝宽度不宜小于6mm，密封胶与面板的粘结厚度不宜小于6mm，板缝底部宜采用衬垫材料填充，防止密封胶三面粘结。

4.3.4 超高性能混凝土装饰板幕墙板缝开缝式设计应符合下列规定：

- a) 板缝宽度不宜小于6mm，面板接缝尚应符合下式的规定：

$$c_1 \left( 1 + \frac{l_1}{l_2} \times \frac{c_1}{c_2} \right) \geq u_{lim} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$u_{lim}$ ——由主体结构层间位移引起的分格框的变形限值(mm)；按照抗震设计和非抗震设计确定；

$l_1$ ——矩形面板板块竖向边长(mm)；

$l_2$ ——矩形面板板块横向边长(mm)；

$c_1$ ——开缝式板缝竖向接缝宽度(mm)，取值时应考虑1.5mm的施工偏差；

$c_2$ ——开缝式板缝横向接缝宽度(mm)，取值时应考虑1.5mm的施工偏差；

- b) 面板后部空间应防止积水并采取有效排水措施。

4.3.5 超高性能混凝土装饰板安装起始位置应与地面有一定距离，距离大小应根据当地气候环境而定。底部构造应满足防水要求。

### 5 结构设计

#### 5.1 一般规定

5.1.1 超高性能混凝土装饰板幕墙应按附属于主体结构的外围护结构设计，设计使用年限不应小于25年。

5.1.2 超高性能混凝土装饰板幕墙的抗风设计应符合现行国家标准GB 50009对围护结构的风荷载要求，并应符合下列规定：

- a) 在风荷载标准值作用下，超高性能混凝土装饰板幕墙主要受力杆件的相对面法线挠度应符合现行国家标准GB/T 21086的有关规定且面板及其他部位不发生损坏；
- b) 超高性能混凝土装饰板幕墙平面内变形性能值不应小于主体结构在风荷载或地震作用下的弹性层间位移角限值的3倍。

5.1.3 超高性能混凝土装饰板幕墙在满足抗风设计要求的基础上，还应满足现行国家标准GB 50011对建筑非结构构件的抗震设计要求。

5.1.4 超高性能混凝土装饰板幕墙结构设计应考虑温度效应影响，采取适当构造措施。

5.1.5 主体结构中，连接超高性能混凝土装饰板幕墙的预埋件、锚固件部位应能承受幕墙传递的荷载和作用。抗震设计时，应考虑超高性能混凝土装饰板幕墙对主体结构的不利影响。

5.1.6 超高性能混凝土装饰板幕墙结构构件及连接的承载力计算和挠度验算，应符合下列规定：

- a) 持久设计状况、短暂设计状况，承载力应符合下式的规定：

$$\gamma_0 S \leq R \quad \dots\dots\dots (2)$$

地震设计状况，承载力应符合下式的规定：

$$S_E \leq R/\gamma_{RE} \quad \dots\dots\dots (3)$$

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；
- $R$ ——构件抗力设计值；
- $\gamma_0$ ——结构构件重要性系数；
- $\gamma_{RE}$ ——构件承载力抗震调整系数，取1.0。

挠度验算应符合下式的规定：

$$d_f \leq d_{f,lim} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $d_f$ ——构件在荷载标准值作用下产生的挠度值(mm)；
- $d_{f,lim}$ ——构件挠度限值(mm)。

5.1.7 在风荷载标准值作用下，幕墙横梁、立柱的挠度应符合下列式规定：

当计算跨度不大于 4500mm 时，

$$d_f \leq l/180 \quad \dots\dots\dots (5)$$

当计算跨度大于 4500mm 时，但不大于 7000mm 时，

$$d_f \leq l/250+7 \quad \dots\dots\dots (6)$$

当计算跨度大于 7000mm 时，

$$d_f \leq l/200 \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $d_f$ ——幕墙横梁、立柱在风荷载标准值作用下的最大挠度值(mm)；
- $l$ ——横梁或立柱的计算跨度(mm)，悬臂构件可取挑出长度的2倍。

5.2 材料力学性能与物理性能

5.2.1 热轧钢材、冷弯薄壁型钢和铝合金型材的强度设计值应符合现行国家标准GB 50017、GB 50018和GB 50429的有关规定。

5.2.2 耐候钢的强度设计值可按表4的规定采用。

表 4 耐候钢的强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

钢号	厚度 (mm)	下限屈服强度 $R_{el}$	抗拉强度 $f$	抗剪强度 $f_v$	断面承压强度 $f_{ce}$
Q235NH	$t \leq 16$	235	215	125	295
Q295NH	$t \leq 16$	295	270	155	345
	$16 < t \leq 40$	285	260	150	345
Q295GNH(Q295GNHL)	$t \leq 16$	295	270	155	345
	$16 < t \leq 40$	285	260	150	345
Q355NH	$t \leq 16$	355	325	190	400
	$16 < t \leq 40$	345	315	185	400

表 4 (续)

钢号	厚度 (mm)	下限屈服强度 $R_{el}$	抗拉强度 $f$	抗剪强度 $f_v$	断面承压强度 $f_{ce}$
	$16 < t \leq 40$	345	315	185	400
Q355GNH(热轧)	$t \leq 16$	355	325	190	400
	$16 < t \leq 40$	345	315	185	400
Q460NH	$t \leq 16$	460	415	240	450
	$16 < t \leq 40$	450	405	235	450

5.2.3 钢铸件的强度设计值见可按表5的规定采用。

表 5 钢铸件的强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

钢材牌号	抗拉、抗压和抗弯强度 $f$	抗剪强度 $f_v$	断面承压强度(刨平顶紧) $f_{ce}$
ZG200-400	155	90	260
ZG230-450	180	105	290
ZG270-500	210	120	325
ZG310-570	240	140	370
ZG03Cr18Ni10	130	75	270
ZG03Cr18Ni10N	170	95	310
ZG07Cr19Ni9	130	75	270
ZG03Cr19Ni11Mo2	130	75	270
ZG03Cr19Ni11Mo2N	170	95	310
ZG15Cr13	250	145	330
ZG20Cr13	285	165	360
ZG153Cr13Ni1	330	190	360

5.2.4 常用不锈钢型材和棒材的强度设计值可按表6的规定采用;常用不锈钢板材和带材的强度设计值可按表7的规定采用。

表 6 不锈钢型材和棒材的强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

同一数字 代号	牌号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}^b$	抗拉强度 $f$	抗剪强度 $f_v$	断面承压 强度 $f_{cs}$
S30408	06Cr19Ni10 (0Cr18Ni9)	205	180	100	250
S30458	06Cr19Ni10N (0Cr19Ni9N)	275	240	140	315
S30403	022Cr19Ni10 (00Cr19Ni10)	175	155	90	220

表 6 (续)

同一数字 代号	牌号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}^b$	抗拉强度 $f$	抗剪强度 $f_v$	断面承压 强度 $f_{cs}$
S30453	022Cr19Ni10 (00Cr18Ni10N)	245	215	125	280
S31608	06Cr17Ni12Mo2 (0Cr17Ni12Mo2)	205	180	100	250
S31658	06Cr17Ni12Mo2N (0Cr17Ni12Mo2N)	275	240	140	315
S31603	022Cr17Ni12Mo2 (00Cr17Ni14Mo2)	175	155	90	220
S31653	022Cr17Ni12Mo2N (00Cr17Ni13Mo2N)	245	215	125	280

注：括号内为原国家标准中的牌号。

表 7 不锈钢板材和带材的强度设计值

(N/mm<sup>2</sup>)

同一数字 代号	牌号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}^b$	抗拉强度 $f$	抗剪强度 $f_v$	断面承压 强度 $f_{cs}$
S30408	06Cr19Ni10 (0Cr18Ni9)	205	180	100	250
S31608	06Cr17Ni12Mo2 (0Cr17Ni12Mo2)	205	180	100	250
S31708	06Cr19Ni13Mo3 (0Cr19Ni13Mo3)	205	180	100	250

注：括号内为原国家标准中的牌号。

5.2.5 超高性能混凝土装饰板抗弯强度标准值 $f_k$ 应根据整板的弯曲或抗折试验结果，按下式计算值确定：

$$f_k = f_m - 1.465f_0 \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- $f_k$ ——超高性能混凝土装饰板抗弯强度标准值(N/mm<sup>2</sup>)；
- $f_m$ ——超高性能混凝土装饰板抗弯或抗折强度试验平均值(N/mm<sup>2</sup>)；
- $f_0$ ——超高性能混凝土装饰板抗弯或抗折强度试验标准差(N/mm<sup>2</sup>)。

5.2.6 超高性能混凝土装饰板抗弯强度设计值应按下式计算：

$$f = f_k / \gamma_r \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- $f_k$ ——超高性能混凝土装饰板抗弯强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)；
- $f_m$ ——超高性能混凝土装饰板抗弯强度标准值(N/mm<sup>2</sup>)；
- $f_0$ ——超高性能混凝土装饰板材料性能分项系数，不宜小于 1.8。

5.2.7 不锈钢螺栓强度设计值可按表8的规定采用。

表 8 不锈钢螺栓连接的强度设计值

(N/mm<sup>2</sup>)

类别	组别	性能等级	$\sigma_b$	抗拉强度 $f$	抗剪强度 $f_v$
A(奥式体型)	A4、A5	50	500	190	155
		70	700	295	245
		80	800	335	280

5.2.8 超高性能混凝土装饰板幕墙材料的物理力学性能可按表9的规定采用。

表 9 材料的物理力学性能

材料	弹性模量(N/mm <sup>2</sup> )	泊松比 $\nu$	线膨胀系数 $\alpha$ (1/°C)
钢材	2.06×10 <sup>5</sup>	0.30	1.2×10 <sup>-5</sup>
不锈钢			1.8×10 <sup>-5</sup>
铝合金型材	0.70×10 <sup>5</sup>	0.30	2.35×10 <sup>-5</sup>
超高性能混凝土装饰板	(0.37~0.55) ×10 <sup>5</sup>	0.19~0.24	1.00×10 <sup>-5</sup>

5.3 荷载与作用

5.3.1 超高性能混凝土装饰板幕墙材料的重力密度标准值可按表10的规定采用。

表 10 超高性能混凝土装饰板幕墙材料的重力密度  $\gamma_{gk}$  (kN/m<sup>3</sup>)

材料	钢材	铝合金	超高性能混凝土装饰板	岩棉	矿渣棉	玻璃棉
$\gamma_{gk}$	78.5	28.0	18.0~22.0	0.5~2.5	1.2~1.5	0.2~1.0

5.3.2 超高性能混凝土装饰板、超高性能混凝土装饰板的支承结构及其连接件，其风荷载标准值 $w_k$ 应按现行国家标准GB 50009中规定的围护结构风荷载标准值确定，且不应小于1.0kPa。

5.3.3 超高性能混凝土装饰板幕墙的风荷载可根据风洞试验结果确定；体形复杂、风荷载环境复杂的幕墙宜进行风洞试验，并宜按照风洞试验结果确定风荷载值。

5.3.4 超高性能混凝土装饰板、与超高性能混凝土装饰板直接连接的连接件和支承结构，其垂直于幕墙平面的分布水平地震作用标准值可按下式计算：

$$q_{Ek} = \beta_E \alpha_{max} G_k / A \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$q_{Ek}$ ——垂直于超高性能混凝土装饰板幕墙平面的分布水平地震作用标准值(kN/m<sup>2</sup>)；

$\beta_E$ ——动力放大系数，可取不小于 5.0；

$\alpha_{max}$ ——水平地震影响系数最大值，按表 11 采用；

$G_k$ ——超高性能混凝土装饰板幕墙构件(包括面板、构件和连接件)的重力荷载标准值 (kN)；

$A$ ——超高性能混凝土装饰板幕墙平面面积(m<sup>2</sup>)。

表 11 超高性能混凝土装饰板幕墙材料的重力密度  $\gamma_{gk}$  (kN/m<sup>3</sup>)

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

注：括号中数值分别用于设计基本地震加速度为0.15g和0.30g的地区。

5.3.5 超高性能混凝土装饰板、与超高性能混凝土装饰板直接连接的连接件和支承结构，其平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值可按下式计算：

$$P_{Ek} = \beta_E \alpha_{max} G_k \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$P_{Ek}$ ——平行于超高性能混凝土装饰板幕墙平面的集中水平地震作用标准值(kN)。

5.3.6 横梁、立柱和其他支承结构件、连接件、锚固件所承受的地震作用，应考虑超高性能混凝土装饰板幕墙自身重力荷载产生的地震作用，还应考虑依附于超高性能混凝土装饰板幕墙上的其他构件传递的地震作用。

## 5.4 荷载及作用效应组合

5.4.1 超高性能混凝土装饰板幕墙构件承载力设计时，其荷载与作用效应的组合应符合下列规定：

a) 持久设计状况、短暂设计状况的效应组合应按下列式计算：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \psi_w \gamma_w S_{Wk} + \psi_T \gamma_T S_{Tk} \quad \dots\dots\dots (12)$$

b) 地震设计状况的效应组合应按下列式计算：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \psi_w \gamma_w S_{Wk} + \psi_E \gamma_E S_{Ek} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中：

$S$ ——荷载及作用效应组合的设计值；

$S_{Gk}$ ——重力荷载(永久荷载)效应标准值；

$S_{Wk}$ ——风荷载效应标准值；

$S_{Ek}$ ——地震作用效应标准值；

$S_{Tk}$ ——重力荷载分项系数；

$\gamma_G$ ——重力荷载分项系数；

$\gamma_w$ ——风荷载分项系数；

$\gamma_E$ ——地震作用分项系数；

$\gamma_T$ ——温度作用分项系数；

$\psi_w$ ——风荷载的组合值系数

$\psi_E$ ——地震作用的组合值系数；

$\psi_T$ ——温度作用的组合值系数。

5.4.2 进行超高性能混凝土装饰板幕墙构件承载力设计时，荷载及作用分项系数应符合下列规定：

a) 一般情况下，重力荷载(永久荷载)、风荷载、地震作用、温度作用的分项系数 $\gamma_G$ 、 $\gamma_w$ 、 $\gamma_E$ 和 $\gamma_T$ 应分别取1.2、1.4和1.3和1.4；

b) 当重力荷载(永久荷载)的效应起控制作用时，其分项系数 $\gamma_G$ 应取1.35；

c) 当重力荷载(永久荷载)的效应对构件有利时，其分项系数 $\gamma_G$ 的取值不应大于1.35。

5.4.3 可变荷载及作用的组合值系数应符合下列规定：

a) 持久设计状况、短暂设计状况且风荷载效应起控制作用时，风荷载的组合值系数 $\psi_w$ 应取1.0，温度作用的组合值系数 $\psi_T$ 取0.6；

b) 持久设计状况、短暂设计状况且温度作用效应起控制作用时，风荷载的组合值系数 $\psi_w$ 应取0.6，温度作用的组合值系数 $\psi_T$ 取1.0；

c) 持久设计状况、短暂设计状况且永久荷载效应起控制作用时，风荷载的组合值系数 $\psi_w$ 和温度作用的组合值系数 $\psi_T$ 均应取0.6；

d) 地震设计状况时，地震作用的组合值系数 $\psi_E$ 取1.0，风荷载的组合值系数 $\psi_w$ 取0.2。

5.4.4 超高性能混凝土装饰板幕墙构件挠度验算时，水平方向的风荷载的变形效应，应按风荷载的标准值计算；垂直方向的自重荷载变形效应，应按自重荷载标准值计算。水平方向和垂直方向的荷载与作用的变形效应不应进行组合。

## 5.5 面板设计

5.5.1 超高性能混凝土装饰板的固定宜采用穿透支承连接或背栓支承连接。穿透连接的面板厚度不应小于8mm，背栓连接的面板厚度不应小于15mm。

5.5.2 采用背栓支承连接时，背栓的数量应根据面板的形状、大小和所在位置并经过计算确定。背栓中心线与面板端部的距离不应小于50mm，且不宜大于边长的20%。采用2个背栓连接的面板，应采取附加固定措施。

5.5.3 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，超高性能混凝土装饰板的抗弯设计应符合下列规定：

- a) 超高性能混凝土装饰板的最大弯曲应力标准值宜采用有限元方法分析计算;
- b) 4个背栓对称布置支承连接的矩形面板, 可按下式计算:

$$\sigma_{wk} = \frac{6m\omega_k b_0^2}{t_e^2} \dots\dots\dots (14)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} b_0^2}{t_e^2} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

$\sigma_{wk}$ 、 $\sigma_{Ek}$ ——分别为风荷载或垂直于超高性能混凝土装饰板板面方向地震作用在板中产生的最大弯曲应力标准值(N/mm<sup>2</sup>);

$W_k$ 、 $q_{Ek}$ ——分别为风荷载或垂直于超高性能混凝土装饰板板面方向地震作用标准值(N/mm<sup>2</sup>);

$b_0$ ——四点支承超高性能混凝土装饰板支承点(背栓孔中心线)之间的较大距离(mm);

$t_e$ ——超高性能混凝土装饰板的计算厚度(mm);

$m$ ——四点支承的超高性能混凝土装饰板在均布荷载作用下的最大弯矩系数, 可按表12的规定取值。

- c) 超高性能混凝土装饰板的最大弯曲应力标准值应按本规程第5.4.1条的规定进行组合。组合后的弯曲应力设计值不应超过超高性能混凝土装饰板的抗弯强度设计值 $f$ 。

表 12 四点支承矩形面板的弯矩系数 m

$a_0/b_0$		0.01	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60
$m$	$v=0.20$	0.125	0.125	0.126	0.127	0.129	0.130	0.132	0.134
	$v=0.25$	0.125	0.125	0.126	0.127	0.129	0.130	0.132	0.134
	$v=0.30$	0.125	0.125	0.126	0.127	0.129	0.130	0.132	0.134
$a_0/b_0$		0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
$m$	$v=0.20$	0.136	0.138	0.140	0.142	0.145	0.148	0.151	0.154
	$v=0.25$	0.136	0.138	0.140	0.142	0.144	0.147	0.150	0.152
	$v=0.30$	0.135	0.137	0.149	0.141	0.143	0.146	0.148	0.151

5.5.4 背栓支承连接的超高性能混凝土装饰板, 在垂直于面板的风荷载标准值作用下, 其挠度计算应符合下列规定:

- a) 宜采用有限元方法分析计算;
- b) 4个背栓对称布置支承连接的矩形面板的挠度可按下式计算:

$$d_f = \frac{\mu\omega_k b_0^4}{D} \dots\dots\dots (16)$$

$$D = \frac{Et_e^3}{12(1 - \nu^2)} \dots\dots\dots (17)$$

式中:

$d_f$ ——在风荷载标准值作用下的超高性能混凝土装饰板最大挠度值(mm) ;

$\mu$ ——挠度系数, 可按表 13 选用;

$W_k$ ——垂直作用于超高性能混凝土装饰板的风荷载标准值(N/mm<sup>2</sup>);

$b_0$ ——四点支承超高性能混凝土装饰板支承点(背栓孔中心线)之间的较大距离(mm);

$D$ ——超高性能混凝土装饰板的刚度(N×mm);

$E$ ——超高性能混凝土装饰板的弹性模量(N/mm<sup>2</sup>);

$t_c$ ——超高性能混凝土装饰板的计算厚度(mm);  
 $\nu$ ——超高性能混凝土装饰板的泊松比。

表 13 四点支承超高性能混凝土装饰板的挠度系数  $\mu$

$a_0/b_0$	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60
$\mu$	0.0130	0.0139	0.0140	0.0142	0.0144	0.0147	0.0149	0.0152
$a_0/b_0$	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
$\mu$	0.0155	0.0162	0.0171	0.0183	0.0196	0.0213	0.0233	0.0257

c) 在风荷载标准值作用下,四点支承超高性能混凝土装饰板的挠度限值 $d_{f,lim}$ 宜按其支承点间长边边长的1/250采用。

5.5.5 在风荷载或垂直于超高性能混凝土装饰板板面方向地震作用下,背栓连接抗拉设计应符合下列规定:

- a) 宜采用有限元方法分析计算;
- b) 2个背栓支承连接时,单个背栓连接的拉力标准值可按下式计算:

$$N_{wk} = \frac{\omega_k ab}{2} \dots\dots\dots (18)$$

$$N_{Ek} = \frac{q_{Ek} ab}{2} \dots\dots\dots (19)$$

c) 4个背栓支承连接时,单个背栓连接的拉力标准值可按下式计算:

$$N_{wk} = \frac{\omega_k ab\beta}{4} \dots\dots\dots (20)$$

$$N_{Ek} = \frac{q_{Ek} ab\beta}{4} \dots\dots\dots (21)$$

式中:

$N_{wk}$ 、 $N_{Ek}$ ——单个背栓连接在风荷载或垂直于超高性能混凝土装饰板板面方向地震作用下的拉力标准值(N);

$\omega_k$ 、 $q_{Ek}$ ——分别为风荷载、地震作用标准值(N/mm<sup>2</sup>);

$a$ 、 $b$ ——分别为矩形面板短边和长边的边长(mm);

$\beta$ ——应力调整系数,可按表14选用。

表 14 应力调整系数  $\beta$

每块板块挂件个数	2	4
$\beta$	1.00	1.25

d) 背栓连接的拉力标准值应按本规程第5.4.1条规定进行组合,组合后的拉力设计值不应超过背栓连接的受拉承载力设计值。

5.5.6 在超高性能混凝土装饰板自重作用下,背栓连接的剪力设计值应按下式计算:

$$V = \frac{1.35G_k\beta}{n_1} \dots\dots\dots (22)$$

式中:

$V$ ——单个背栓承受的剪力设计值(N);

$G_k$ ——超高性能混凝土装饰板的自重标准值(N);

$n_1$ ——承受超高性能混凝土装饰板自重荷载的背栓数量；

$\beta$ ——应力调整系数，可根据背栓数量 $n_1$ ，按表14选用。

5.5.7 背栓连接的受拉承载力和受剪承载力应经试验确定，并符合下列规定：

a) 背栓连接的受拉承载力设计值应符合下式要求：

$$N \leq \frac{P}{g_R} \quad \dots\dots\dots (23)$$

b) 背栓连接的受剪承载力设计值应符合下式要求：

$$V \leq \frac{0.8P}{g_R} \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中：

$N$ ——按本规程第 5.5.5 条规定计算，并按本规程第 5.4.1 条规定进行组合得到的单个背栓连接的拉力设计值(N)；

$V$ ——按本规程第 5.5.6 条规定计算得到的单个背栓连接的剪力设计值(N)；

$P$ ——实测所得背栓连接受拉破坏力最小值(N)；

$g_R$ ——背栓连接承载力分项系数，可取 2.15。

5.5.8 穿透支承连接的超高性能混凝土装饰板应采用不锈钢螺钉、螺栓、不锈钢开口型平圆头抽芯铆钉或钉芯材为不锈钢的开口型平圆头抽芯铆钉固定。螺栓、螺钉和抽芯铆钉的直径不应小于5mm。

5.5.9 穿透支承连接的超高性能混凝土装饰板支承连接设计应符合下列规定：

a) 板边缘连接点的位置，平行于支承框架方向到板边的距离不宜小于80mm，垂直于支承框架方向到板边的距离宜为30mm~160mm；

b) 支承连接点应分为紧固点和滑动点。紧固点和滑动点的设置应满足板材变形的要求。

5.5.10 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，穿透支承连接的超高性能混凝土装饰板的抗弯设计应符合下列规定：

a) 穿透支承连接的超高性能混凝土装饰板面板的最大弯曲应力标准值，宜采用有限元方法分析计算。四点对称布置穿透支承连接的矩形面板可按本规程第 5.5.3 条的规定计算。

b) 面板中由各种荷载和作用产生的最大弯曲应力标准值应按本规程第 5.4.1 条的规定进行组合。组合后的弯曲应力设计值不应超过面板材料的抗弯强度设计值 $f_0$ 。

5.5.11 在垂直于面板的风荷载标准值作用下，超高性能混凝土装饰板的挠度应符合下列规定：

a) 穿透支承连接的超高性能混凝土装饰板产生的挠度，宜采用有限元方法分析计算；

b) 四点对称布置穿透支承连接的矩形面板，可按下列式计算：

$$d = \frac{\mu \omega_k b^4}{D} \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$D = \frac{Et_e^3}{12(1 - \nu^2)} \quad \dots\dots\dots (26)$$

式中：

$d_f$ ——在风荷载标准值作用下的超高性能混凝土装饰板最大挠度值(mm)；

$W_k$ ——垂直作用于超高性能混凝土装饰板的风荷载标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$b$ ——支承点间超高性能混凝土装饰板的长边边长(mm)；

$t_e$ ——超高性能混凝土装饰板的计算厚度(mm)；

$\mu$ ——挠度系数，可按表 13 选用；

$\nu$ ——超高性能混凝土装饰板的泊松比；

$D$ ——超高性能混凝土装饰板的刚度。

c) 在风荷载标准值作用下，四点支承超高性能混凝土装饰板的挠度限值  $d_{f,lim}$  宜按其支承点间长

边边长的 1/250 取值。

5.5.12 超高性能混凝土装饰板穿透连接的抗拉设计应符合下列规定：

- a) 在垂直于面板平面的风荷载或地震作用下, 单个连接点的拉力标准值宜采用有限元方法分析计算；
- b) 矩形面板按周边对称布置时, 可按下式计算：

$$N_{wk} = \frac{\omega_k ab\beta}{n} \dots\dots\dots (27)$$

$$N_{Ek} = \frac{q_{Ek} ab\beta}{n} \dots\dots\dots (28)$$

式中：

$N_{wk}$ ——垂直于超高性能混凝土装饰板板面的风荷载作用下单个连接点的拉力标 (N)；

$N_{Ek}$ ——垂直于超高性能混凝土装饰板板面的地震作用下单个连接点的拉力标 (N)；

$w_{wk}$ 、 $q_{Ek}$ ——分别为垂直于超高性能混凝土装饰板板面的风荷载、地震作用标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$n$ ——连接点数量；

$a, b$ ——分别为矩形面板短边和长边的边长(mm)；

$\beta$ ——应力调整系数, 可按表 15 选用。

表 15 超高性能混凝土装饰板穿透连接的应力调整系数  $\beta$

每块板材固定点数	4	6	$\geq 8$
$\beta$	1.25	1.53	1.78

c) 穿透连接的拉力标准值应按本规程第 5.4.1 条规定进行组合, 组合后的拉力设计值不应大于连接的受拉承载力设计值。

5.5.13 穿透连接点的受拉承载力应经试验确定, 并符合下式要求：

$$N \leq \frac{P}{g_R} \dots\dots\dots (29)$$

式中：

$N$ ——按本规程第 5.5.5 条规定计算得到的单个连接点的拉力设计值(N)；

$P$ ——实测所得单个连接点的受拉破坏力最小值(N)；

$g_R$ ——穿透连接受拉承载力分项系数, 可取 2.15。

5.5.14 超高性能混凝土装饰板和横梁或立柱的连接, 应满足结构计算的要求。

5.5.15 连接件和横梁或立柱的连接螺栓、螺钉或销钉应满足抗拉、抗剪、抗扭承载力的要求。螺栓、螺钉的规格不宜小于M6, 销钉的直径不宜小于 $\phi 5$ , 且不得少于2个。

## 5.6 横梁设计

5.6.1 超高性能混凝土装饰板幕墙支承构件可采用铝合金型材、冷弯薄壁型钢、轧制或焊接钢型材。

5.6.2 钢型材构件的截面形式和板件类型, 应符合现行国家标准GB 500 17和GB50018的有关规定。铝合金型材构件的截面形式、板件类型和有效截面计算应符合现行国家标准GB 50429的有关规定。

5.6.3 构件截面中受压板件的最大宽厚比、构件的计算长度和容许长细比、圆管截面构件的外径与壁厚之比、方管或矩形管截面构件的最大外缘尺寸与壁厚之比, 应符合现行国家标准GB 50017、GB 50018和GB 50429的有关规定。

5.6.4 横梁截面主要受力部位的厚度应符合下列规定：

- a) 铝合金型材横梁跨度不大于 1.2m 时, 型材截面有效受力的厚度不应小于 2.0mm；横梁跨度大于 1.2m 时, 型材截面有效受力的厚度不应小于 2.5mm；

- b) 轧制或焊接钢型材横梁截面有效受力的厚度不应小于 2.5mm;
- c) 冷弯薄壁型钢横梁型材截面有效受力的厚度不应小于 2.0mm。
- 5.6.5 横梁在自重荷载、风荷载或地震作用下产生的弯矩、剪力和轴力，应根据横梁的实际支承条件和挤出成型玻璃纤维增强水泥板在横梁上的支承状况确定。必要时，宜考虑开口截面横梁约束扭转产生的影响。
- 5.6.6 横梁构件截面的强度和稳定性计算，应符合下列规定：
- 轧制或焊接钢型材横梁应符合现行国家标准 GB 50017 的有关规定；
  - 冷弯薄壁型钢横梁应符合现行国家标准 GB 50018 的有关规定；
  - 铝合金型材横梁应符合现行国家标准 GB 50429 的规定；
  - 横梁截面的抗弯强度、抗剪强度和稳定性也可采用有限元方法分析计算。
- 5.6.7 当超高性能混凝土装饰板相对于横梁有偏心时，框架设计时应考虑重力荷载偏心产生的不利影响。超高性能混凝土装饰板在横梁上偏置使横梁产生较大的扭矩时，应进行横梁抗扭承载力验算。
- 5.6.8 型材孔壁与螺钉之间采用螺纹连接，并由螺纹承受拉力或压力时，应对螺纹的承载力进行验算。型材截面局部加厚时，宽度不应小于螺纹公称直径的1.6倍。
- 5.6.9 横梁和立柱之间的连接设计应符合下列规定：
- 横梁和立柱之间可通过连接件、螺栓、螺钉或销钉连接；
  - 连接角码应能承受横梁传递的剪力和扭矩，连接件的截面厚度应经计算确定且不宜小于 3mm；角码和横梁采用不同金属材料时，除不锈钢外，应采取有效措施防止双金属腐蚀；
  - 连接件与立柱之间的连接螺栓、螺钉或销钉应满足抗拉、抗剪、抗扭承载力的要求。螺栓、螺钉的规格不宜小于 M6，销钉的直径不宜小于  $\phi 5$ ，且不得少于 2 个；
  - 钢横梁和钢立柱之间可采用焊缝连接，焊缝承载能力应满足设计要求。
- 5.7 立柱设计
- 5.7.1 立柱截面主要受力部位的厚度应符合下列规定：
- 铝合金型材截面开口部位的厚度不应小于 3.0mm，闭口部位的厚度不应小于 2.5mm； 2 轧制或焊接钢型材截面有效受力部位的厚度不应小于 3.0mm；
  - 冷弯薄壁型钢截面有效受力部位的厚度不宜小于 2.5mm，不应小于 2.0mm；
  - 偏心受压立柱和偏心受拉立柱的受压板件应符合现行国家标准 GB 50017，GB 50018 和 GB 50429 的有关规定，并对板件有效截面的宽厚比进行验算。
- 5.7.2 超高性能混凝土装饰板幕墙立柱的布置应符合下列规定：
- 在楼层内独立布置时，其上、下端均宜与主体结构铰接，宜采用上端悬挂方式；
  - 在多层或高层建筑中跨层布置时，立柱的长度不宜大于 3 个层高，立柱与主体结构的连接支承点每层不宜少于 1 个，宜采用上端悬挂方式。支承点的设计应满足立柱变形；
  - 在混凝土实体墙面或钢结构上分段布置时，每段立柱的支承点不宜少于 2 个，上支承点宜采用圆孔，中部和下支承点宜采用长圆孔；
  - 立柱支承点可能产生较大位移时，应采用与位移相适应的支承装置。
- 5.7.3 上、下立柱的连接应符合下列规定：
- 采用闭口截面型材的立柱，可采用长度不小于 250mm 的芯柱连接；芯柱一端应与立柱应紧密滑动配合，另一端应与立柱宜采用机械连接方式加以固定；
  - 采用开口截面型材的立柱，可用型材或板材连接；连接件一端应与立柱固定，另一端宜紧靠立柱，并应采用螺栓将立柱定位；
  - 在实体墙面上加密支承的立柱，每段立柱的接头部位可留出空隙而不连接，空隙宽度不宜小于 15mm，支承点宜设置在立柱两端并邻近空隙。
- 5.7.4 计算立柱由自重荷载、风荷载或地震作用产生的弯矩和轴力时，应根据立柱的实际支承条件，分别按单跨梁、双跨梁或多跨铰支梁计算。

5.7.5 超高性能混凝土装饰板幕墙连接件与主体结构连接件之间的连接，可采用钢连接件或铝合金连接件。钢连接件与主体结构之间可采用螺栓连接或焊接。采用螺栓连接时，螺栓直径应经计算确定，螺栓的规格不应小于M10，每个连接点的螺栓数量不应少于2个。连接件的厚度应经过计算确定，且钢板或钢型材的厚度不应小于6mm，铝型材的厚度不应小于8mm。

## 5.8 预埋件及后置埋件设计

5.8.1 超高性能混凝土装饰板幕墙应与主体结构可靠连接锚固，连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件的承载力设计值。

5.8.2 当建筑主体为混凝土结构时，超高性能混凝土装饰板幕墙的主要受力构件宜通过预埋件与主体结构连接，预埋件应在主体结构混凝土施工时埋入。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，并通过试验确定超高性能混凝土装饰板幕墙与主体结构连接的可靠性。

5.8.3 由锚板和对称配置的锚固钢筋所组成的受力预埋件，应符合现行国家标准GB 50010的有关规定，锚筋的锚固长度不应小于15倍钢筋直径，且不应小于200mm。

5.8.4 槽式预埋件的中心线与混凝土构件边缘的距离应根据构件的受力状态确定，不宜小于100mm，且锚筋(锚爪)应位于主筋内侧。槽式预埋件及其T型螺栓的锚固连接应按照现行国家标准GB 50017和GB 50010的有关规定进行设计，并应通过试验检验其承载力。

5.8.5 超高性能混凝土装饰板幕墙框架与主体混凝土结构采用后锚固连接时，应符合下列规定：

- a) 锚栓的材质可为碳素钢、不锈钢或合金钢。锚栓的直径不应小于10mm。锚栓的性能应符合现行行业标准JG/T 160的有关规定，碳钢、合金钢锚栓的外露表面应进行抗腐蚀处理；
- b) 每个连接节点不应少于2个锚栓；
- c) 在与化学锚栓(化学植筋)接触的连接件上，不宜进行连续焊缝的焊接；
- d) 锚栓和混凝土构件的承载能力应按照现行行业标准JGJ 145的有关规定进行验算，并进行现场检验。锚固承载力分项系数可取2.15。

5.8.6 轻质填充墙和砌体结构不应作为超高性能混凝土装饰板幕墙的支承结构。超高性能混凝土装饰板幕墙与轻质填充墙和砌体结构连接时，应采取有效措施，保证连接可靠性和耐久性。

5.8.7 安装超高性能混凝土装饰板幕墙的混凝土强度等级不应低于C25。旧建筑改造需要增设超高性能混凝土装饰板幕墙时，主体结构的混凝土强度等级应经现场实测确定，并应达到现行国家标准GB 50010对钢筋混凝土强度等级的最低要求。

5.8.8 超高性能混凝土装饰板幕墙构件采用隔热衬垫断热构造时，应对内外型材间的连接强度进行验算。

## 6 加工制作

### 6.1 一般规定

6.1.1 超高性能混凝土装饰板幕墙在加工制作前应与建筑、结构施工图进行核对，对已建成主体结构进行复测，并按实测结果对超高性能混凝土装饰板幕墙设计进行必要调整。

6.1.2 背栓孔的加工和安装应符合下列要求：

- a) 背栓孔应采用与背栓产品配套的专用钻孔设备，钻头的切削性能应与挤出成型玻璃纤维增强水泥板材料相适应；
- b) 背栓孔的形状、数量、位置和深度应符合设计要求。钻孔和扩孔直径应符合背栓产品的技术要求；
- c) 背栓孔不得有损坏或崩裂现象，孔内应光滑、洁净；
- d) 背栓孔加工尺寸允许偏差应符合表16的规定；

表 16 背栓孔加工尺寸允许偏差 (mm)

项目	孔径	扩孔	孔深	孔中心距	孔中心到端边距离
允许偏差	+0.4 0	+0.3	+0.2 0	±0.5	+5.0 -1.0

e) 背栓与超高性能混凝土装饰板的连接应牢固、可靠，背栓的安装方法、装配尺寸和紧固力矩应符合背栓产品生产厂家的规定。

6.1.3 超高性能混凝土装饰板幕墙构件或组件检验应符合现行行业标准JGJ 336的有关规定。

## 6.2 加工制作要求

6.2.1 铝型材、钢构件的加工制作应符合现行行业标准JGJ 336的有关规定。

6.2.2 超高性能混凝土装饰板的加工应符合下列规定：

- a) 超高性能混凝土装饰板的加工宜采用专用设备；
- b) 加工过程中应做好必要的防护措施和除尘措施；
- c) 超高性能混凝土装饰板加工的允许偏差应符合表 17 的规定。

表 17 超高性能混凝土装饰板加工允许偏差 (mm)

项目		要求	
		最大边长≤3000 时	最大边长为 3000-6000 时
边长		+2 -4	+4 -8
对角线差		≤6	≤8
表面平整度		≤2	≤2
挠曲		≤L/1000	≤L/750
安装节点	中心线位置	≤5	
	尺寸		
预留孔洞定位	中心线位置	≤3	
	尺寸		

L 表示墙板的边长。

## 7 安装施工

### 7.1 一般规定

7.1.1 安装超高性能混凝土装饰板幕墙的主体结构，应符合现行国家标准GB50203、GB50204、GB50205等的规定。

7.1.2 进场的超高性能混凝土装饰板幕墙构件及附件的材料品种、规格、色泽和性能应符合设计要求。

7.1.3 超高性能混凝土装饰板幕墙的安装施工应单独编制施工组织设计，包含内容应符合现行行业标准JGJ336的有关规定。按规定需要组织专家论证的必须按要求组织论证，论证通过后方可实施。

7.1.4 超高性能混凝土装饰板幕墙安装过程中，对其构件或组件的存放、搬运、吊装，以及对安装完成的半成品、成品应采取保护措施。

## 7.2 安装施工准备

- 7.2.1 安装施工之前，应检查现场是否具备超高性能混凝土装饰板幕墙安装施工条件。
- 7.2.2 构件储存时应依照幕墙安装顺序排列放置，储存架应有足够的承载力和刚度。
- 7.2.3 超高性能混凝土装饰板幕墙与主体结构连接的预埋件，应在主体结构施工时按设计要求埋设。预埋件的形状、尺寸应符合设计要求，预埋件的焊接应符合现行行业标准JGJ 102附录B的规定。预埋件的埋设位置应符合设计规定，当设计无明确要求时，预埋件的位置偏差不应大于20mm。若采用后置埋件需征得原设计单位同意，后置埋件应符合现行行业标准JGJ 145的规定，且应采取防止锚栓螺母松动和锚板滑移的措施。
- 7.2.4 当预埋件位置偏差过大或主体结构未埋设预埋件时，应制订补救措施或可靠连接方案，经与业主、土建设计单位洽商后方可实施。
- 7.2.5 主体结构施工偏差过大影响超高性能混凝土装饰板幕墙施工安装时，应会同业主、设计单位、施工单位洽商，采取相应措施，并在超高性能混凝土装饰板幕墙安装施工前实施。

## 7.3 幕墙安装

- 7.3.1 超高性能混凝土装饰板幕墙立柱的安装应符合下列规定：
- 立柱安装轴线偏差不应大于 2mm；
  - 相邻两根立柱安装标高偏差不应大于 3mm，同层立柱端部的标高偏差不应大于 5mm；相邻两根立柱固定点的距离偏差不应大于 2mm；
  - 立柱安装就位、调整后应紧固。
- 7.3.2 超高性能混凝土装饰板幕墙横梁的安装应符合下列规定：
- 横梁应安装牢固。伸缩间隙宽度应满足设计要求，采用密封胶对伸缩间隙进行填充时，密封胶填缝应均匀、密实、连续。
  - 同一根横梁两端或相邻两根横梁的水平标高偏差不应大于 1mm。同层横梁的标高偏差应符合下列规定：
    - 当一幅幕墙宽度不大于 35m 时，标高偏差不应大于 5mm；
    - 当一幅幕墙宽度大于 35m 时，标高偏差不应大于 7mm。
  - 横梁安装完成一层高度时，应及时进行检查、校正和固定。
- 7.3.3 其他主要附件安装应符合下列规定：
- 防火、保温材料应铺设平整且可靠固定，拼接处不应留缝隙；
  - 冷凝水排出管及其附件应与水平构件预留孔连接严密，与内衬板出水孔连接处应采取密封措施；
  - 其他通气槽、孔及雨水排出口等应按设计要求施工，不得遗漏；
  - 封口应按设计要求进行封闭处理；
  - 超高性能混凝土装饰板幕墙安装采用的临时构件、临时螺栓等，应在紧固后及时拆除；
  - 采用现场焊接或高强螺栓紧固的构件，应对焊接或紧固部位进行防锈处理。
- 7.3.4 超高性能混凝土装饰板安装应符合下列规定：
- 安装超高性能混凝土装饰板前，应按本规程以及国家现行相关标准的规定进行面板的弯曲强度试验。用于寒冷地区的超高性能混凝土装饰板，还应进行抗冻性试验；
  - 检查超高性能混凝土装饰板用粘结剂的相容性和密封胶的污染性；
  - 根据连接方式确定超高性能混凝土装饰板的安装顺序。
- 7.3.5 超高性能混凝土装饰板幕墙面板开缝安装时，应对主体结构采取可靠的防水措施，并应有符合设计要求的排水出口。
- 7.3.6 板缝密封施工不得在雨天或夜晚进行。板缝打胶前应使打胶面清洁、干燥，较深的密封槽口底部应采用聚乙烯发泡材填塞。打胶温度和湿度应符合设计要求和产品要求。

7.3.7 板材挂装完毕后，应用面纱等柔软物对板材表面的污物进行清理，待胶凝固后再用壁纸刀、棉纱等清理板材表面。打蜡应按蜡的使用操作方法进行，采用其他表面处理方式应征得设计同意后方可实施。

#### 7.4 安全规定

7.4.1 超高性能混凝土装饰板幕墙的安装施工除应符合现行行业标准JGJ 80、JGJ 33、JGJ 46的有关规定外，尚应遵守施工组织设计中确定的各项要求。

7.4.2 安装施工机具在使用前，应进行安全检查；使用中，应定期进行安全检查。电动工具应进行绝缘电压试验。

7.4.3 吊装机具应符合下列规定：

- a) 吊装机具运行速度应可控制，并有安全保护措施；
- b) 吊装前，应对吊装机具进行全面的质量、安全检验，并进行空载试运转之后才能进行吊装；
- c) 定期对吊挂用钢丝绳进行检查，发现断股应及时更换；
- d) 定期对吊装机具进行检查、保养，发现问题立即停工修理，严禁吊装机具带病作业；
- e) 吊装机具操作人员应经培训并考核合格。

7.4.4 采用外脚手架施工时，脚手架应经过设计，并应与主体结构可靠连接。悬挂式脚手架不宜大于3层层高；落地式脚手架应为双排布置。

7.4.5 当超高性能混凝土装饰板幕墙安装与主体结构施工交叉作业时，在主体结构的施工层下方应设置防护网；在距离地面约3m高度处，应设置挑出宽度不小于6m的水平防护网。

7.4.6 采用吊篮施工时，应符合下列规定：

- a) 施工吊篮应进行设计，使用前应进行严格的安全检查，符合要求方可使用；
- b) 安装吊篮的场地应平整，并能承受吊篮自重和各种施工荷载的组合设计值；
- c) 吊篮用配重与吊篮应可靠连接；
- d) 每次使用前应进行空载运转并检查安全锁是否有效。进行安全锁试验时，吊篮离地面高度不得大于2m，并应只进行单侧试验；
- e) 施工人员应经过培训，熟练操作施工吊篮；
- f) 施工吊篮不应作为竖向运输工具，并不得超载；
- g) 不应在空中进行施工吊篮检修；
- h) 施工吊篮上的施工工人必须戴安全帽、配系安全带，安全带必须系在保险绳上并与主体结构有效连接；
- i) 吊篮上不得放置电焊机，也不得将吊篮和钢丝绳作为焊接地线，收工后，吊篮应降至地面，并切断吊篮电源；
- j) 收工后，吊篮及吊篮钢丝绳应固定牢靠，并做好电器防雨、防潮和防尘措施。长期停用，应对钢丝绳的采取防锈措施。

7.4.7 现场焊接作业时，应采取可靠的防火措施。

7.4.8 施工过程中，不得在窗台、栏杆上放置施工工具，每完成一道施工工序后，应清理施工现场遗留的杂物。

## 8 工程验收

### 8.1 一般规定

8.1.1 超高性能混凝土装饰板幕墙工程验收时，应根据工程实际情况检查下列文件和记录的部分或全部：

- a) 超高性能混凝土装饰板幕墙工程的竣工图或施工图、结构计算书、热工性能计算书、设计变更

文件、设计说明文件；

- b) 建筑设计单位对超高性能混凝土装饰板幕墙工程设计文件的确认；
  - c) 超高性能混凝土装饰板幕墙工程所用材料、紧固件及其他附件的产品合格证书、性能检测报告、进场验收记录和复验报告；
  - d) 超高性能混凝土装饰板连接承载力验证的检测报告；
  - e) 后置埋件的现场拉拔检测报告；
  - f) 超高性能混凝土装饰板幕墙的气密性能、水密性能、抗风压性能检测报告；地震设计状况时，尚应提供平面内变形性能检测报告；
  - g) 超高性能混凝土装饰板幕墙与主体结构防雷接地点之间的电阻检测记录；
  - h) 隐蔽工程验收文件；
  - i) 超高性能混凝土装饰板幕墙安装施工质量检查记录；
  - j) 现场淋水试验记录；
  - k) 其他资料。
- 8.1.2 超高性能混凝土装饰板幕墙工程应对下列材料性能进行复验：
- a) 超高性能混凝土装饰板的抗折强度；
  - b) 用于寒冷地区和严寒地区时，超高性能混凝土装饰板的抗冻性；
  - c) 密封胶的污染性和相容性；
  - d) 立柱、横梁等支承构件用铝合金型材、钢型材以及超高性能混凝土装饰板幕墙与主体结构之间的连接件的力学性能。
- 8.1.3 超高性能混凝土装饰板幕墙工程验收前，应在安装施工过程中完成下列隐蔽项目的现场验收：
- a) 预埋件或后置锚栓连接件；
  - b) 超高性能混凝土装饰板幕墙构件与主体结构的连接节点；
  - c) 超高性能混凝土装饰板幕墙周边、幕墙内表面与主体结构之间的封堵；
  - d) 超高性能混凝土装饰板幕墙伸缩缝、沉降缝、防震缝及墙面转角节点；
  - e) 超高性能混凝土装饰板幕墙防雷连接节点；
  - f) 超高性能混凝土装饰板幕墙防火、隔烟节点。
- 8.1.4 各分项工程检验批的划分应符合下列规定：
- a) 设计、材料、工艺和施工条件相同的超高性能混凝土装饰板幕墙工程，每 1000m<sup>2</sup> 为一个检验批，不足 1000m<sup>2</sup> 应划分为一个独立检验批。每个检验批每 100m<sup>2</sup> 应至少查一处，每处不得少于 10m<sup>2</sup>；
  - b) 同一单位工程中不连续的超高性能混凝土装饰板幕墙工程应单独划分检验批；
  - c) 对于异形或有特殊要求的超高性能混凝土装饰板幕墙，检验批的划分应根据幕墙的结构、工艺特点及幕墙工程的规模，直由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

## 8.2 主控项目

8.2.1 超高性能混凝土装饰板幕墙工程所使用的材料、构件和组件的质量，应符合设计要求及国家现行产品标准和本规程的规定。

检验方法：检查材料、构件、组件的产品合格证书、进场验收记录和本规程 8.2.1 条中所规定的材料力学性能复验报告。

8.2.2 挤出成型玻纤板幕墙工程的造型、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。

8.2.3 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。

8.2.4 超高性能混凝土装饰板幕墙构架与主体结构预埋件或后置埋件、幕墙构件之间、面板连接件与面板以及面板与幕墙框架之间的连接、安装必须可靠并符合设计要求。

检验方法：手搬检查；检查隐蔽工程验收记录。

8.2.5 金属框架和连接件的防腐处理应符合设计要求。

检验方法：观察。

8.2.6 各种结构变形缝、墙角的连接节点应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

8.2.7 超高性能混凝土装饰板幕墙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。

8.2.8 超高性能混凝土装饰板幕墙的防火、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 一般项目

8.3.1 面板表面应平整、洁净，无污染，颜色基本一致。不得有缺角、裂纹、裂缝、斑痕等不允许的缺陷。

检验方法：观察；尺量检查。

8.3.2 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。

检验方法：观察；尺量检查。

8.3.3 转角部位面板边缘整齐、合缝直顺，压向符合设计要求。

检验方法：观察。

8.3.4 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。

8.3.5 超高性能混凝土装饰板幕墙隐蔽节点的遮封装修应整齐美观。

检验方法：观察。

8.3.6 有水密性能要求的超高性能混凝土装饰板幕墙应无渗漏。

检验方法：检查现场淋水记录。

8.3.7 超高性能混凝土装饰板幕墙的安装质量检验应在风力小于4级时进行，其安装质量和检验方法应符合表18的规定：

表 18 超高性能混凝土装饰板幕墙安装质量和检验方法

项次	项目	尺寸范围	允许偏差 (mm)	检验方法
1	相邻立柱间距尺寸 (固定端)	—	±0.2	钢直尺
2	相邻两横梁间距尺寸	≤2000mm	±1.5	
		>2000mm	±2.0	
3	单个分格对角线长度差	长边边长≤2000mm	3.0	钢直尺或伸缩尺
		长边边长>2000mm	3.5	
4	立柱、竖缝及墙面的垂直度	幕墙总高度≤30m	10.0	激光仪或经纬仪
		幕墙总高度≤60m	15.0	

表 18 超高性能混凝土装饰板幕墙安装质量和检验方法

项次	项目	尺寸范围	允许偏差 (mm)	检验方法
4	立柱、竖缝及墙面的垂直度	幕墙总高度≤90m	20.0	激光仪或经纬仪
		幕墙总高度≤100m	25.0	
5	立性、竖缝直线度	—	2.0	2.0m 靠尺、塞尺
6	立柱、墙面的平而度	相邻两墙面	2.0	激光仪或经纬仪
		一幅幕墙总宽度≤20m	5.0	
		一幅幕墙总宽度≤40m	7.0	
		一幅幕墙总宽度≤60m	9.0	
		一幅幕墙总宽度>80m	10.0	
7	横梁水平度	横梁长度≤2000mm	1.0	水平仪或水平尺
		横梁长度>2000mm	2.0	
8	同一标高横梁、横缝的高度差	相邻两横梁、面板	1.0	钢直尺、塞尺或水平仪
		一幅幕墙幅宽≤35m	5.0	
		一幅幕墙幅宽>35m	7.0	
9	缝宽度(与设计值比较)	—	±2.0	游标卡尺

注：一幅幕墙端是指立面位置或平面位置不在一条直线或连续弧线上的幕墙。

## 9 保养与维修

### 9.1 一般规定

9.1.1 超高性能混凝土装饰板幕墙工程竣工验收时，应编写超高性能混凝土装饰板幕墙使用维护说明书，并包括下列内容：

- 超高性能混凝土装饰板幕墙的设计依据、主要特点和性能参数，以及幕墙结构的设计使用年限；
- 使用过程中的注意事项；
- 特殊开启形式窗的使用与维护要求。必要时，在开启窗明显部位设置使用警示标志和说明；
- 环境条件变化可能对超高性能混凝土装饰板幕墙使用产生的影响；
- 日常与定期的维护、保养及清洁要求；
- 超高性能混凝土装饰板幕墙的主要结构特点及易损零部件更换方法；
- 备品、备料清单及主要易损件的名称、规格；
- 承包商的保修责任、保修年限。

9.1.2 超高性能混凝土装饰板幕墙交付使用后，应制定超高性能混凝土装饰板幕墙的检查、维修、保养计划与制度。超高性能混凝土装饰板幕墙的保养和维护应符合现行行业标准《建筑外墙清洗维护规程》JGJ168的有关规定，并做好周边环境的安全保护措施。

### 9.2 检查与维修

9.2.1 日常维护和保养应符合下列规定：

- a) 保持超高性能混凝土装饰板幕墙表面整洁，避免锐器及腐蚀性气体和液体与幕墙表面接触；
  - b) 保持超高性能混凝土装饰板幕墙排水系统的畅通，堵塞应疏通；
  - c) 保持开缝式超高性能混凝土装饰板幕墙防水系统和排水系统的有效性和完好性，堵塞应疏通；
  - d) 发现密封胶或密封胶条脱落或损坏时，应修补与更换；
  - e) 发现超高性能混凝土装饰板幕墙构件或附件的螺栓、螺钉松动或锈蚀时，应拧紧或更换；
  - f) 发现超高性能混凝土装饰板幕墙构件锈蚀时，应除锈补漆或采取其他防锈措施；
  - g) 发现板材破损时，应更换。
- 9.2.2 定期检查和维修应符合下列规定：
- a) 超高性能混凝土装饰板幕墙工程竣工验收后一年时，应对幕墙工程进行一次全面的检查，此后每五年应检查一次。定期检查和维修项目应包括：
    - 1) 超高性能混凝土装饰板幕墙整体有无变形、错位、松动，一旦发现上述情况，应对该部位对应的隐蔽结构进行进一步检查；
    - 2) 超高性能混凝土装饰板幕墙的主要承力件、连接件和连接螺栓等有无锈蚀、损坏，连接是否可靠；
    - 3) 超高性能混凝土装饰板幕墙面板有无松动和损坏；
    - 4) 密封胶有无脱胶、开裂、起泡，密封胶条有无脱落、老化等；
    - 5) 超高性能混凝土装饰板幕墙排水系统是否通畅，开缝超高性能混凝土装饰板幕墙的防水系统是否损坏或失效。
  - b) 超高性能混凝土装饰板幕墙工程使用十年后，宜委托专业机构对幕墙进行可靠性鉴定。此后，每三年应检查一次。
- 9.2.3 灾后检查和维修应符合下列规定：
- a) 超高性能混凝土装饰板幕墙遭遇强风袭击后，应对超高性能混凝土装饰板幕墙进行全面检查，修复或更换损坏的构件；
  - b) 当超高性能混凝土装饰板幕墙遭遇地震、火灾等灾害后，应对超高性能混凝土装饰板幕墙进行全面检查，并根据损坏程度制定处理方案和维修方案。
-