



T/CECS<sub>xxx-xxxx</sub>

---

中国工程建设标准化协会标准

# 高热阻承重混凝土外墙应用技术规程

Technical specification for application of lightweight aggregate concrete exterior  
wall with high thermal resistance

(征求意见稿)

\*\*\*出版社

中国工程建设标准化协会标准

高热阻承重混凝土外墙应用技术规程

Technical specification for application of lightweight aggregate concrete exterior wall  
with high thermal resistance

T/CECS XXX-202X

(征求意见稿)

主编单位：中国建筑设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

批准日期：202X年XX月XX日

\*\*\*出版社

2024 北京

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2023〕50号）要求，规程编制组深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程共分为9章，主要内容包括：总则，术语和符号，基本规定，材料，混凝土配合比设计，建筑设计，结构设计，施工工艺，质量验收。

请注意本规程的某些内容仍有可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑产业化分会归口管理，由中国建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：北京市西城区车公庄大街19号中国建筑设计研究院有限公司，邮编：100044），以供修订时参考。

**主编单位：**中国建筑设计研究院有限公司

**参编单位：**建研建材有限公司

唐山北极熊建材有限公司

北京益汇达清水建筑工程有限公司

建研院检测中心有限公司

江苏成石智能科技有限公司

**主要起草人：**

**主要审查人：**

## 目次

1	总 则 .....	1
2	术语和符号 .....	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	3
3	基本规定 .....	5
4	材料 .....	7
4.1	原材料及钢筋 .....	7
4.2	高热阻轻骨料混凝土性能.....	8
5	配合比设计 .....	15
5.1	一般规定.....	15
5.2	配制强度的确定.....	15
5.3	耐久性能和长期性能要求 .....	16
5.4	配合比设计参数选择.....	18
5.5	配合比计算与调整.....	22
6	建筑设计 .....	27
6.1	一般规定.....	27
6.2	节能设计.....	27
6.3	构造与连接设计.....	29
7	结构设计 .....	34
7.1	一般规定 .....	34
7.2	承重外墙结构设计 .....	34
7.3	承重外墙抗震设计 .....	36
7.4	非承重外墙结构设计.....	38

7.5 构造规定与连接设计.....	38
8 施工技术.....	42
8.1 一般规定.....	42
8.2 施工准备.....	42
8.3 模板工程.....	43
8.4 钢筋工程.....	49
8.5 混凝土工程.....	51
8.6 成品保护.....	52
8.7 特殊防护要求.....	53
8.8 季节性施工.....	54
9 质量验收.....	56
9.1 一般规定.....	56
9.2 主控项目.....	56
9.3 一般项目.....	57
9.4 子分部工程验收.....	59
用词说明.....	61
引用标准名录.....	62
附：条文说明.....	64

## Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
3	Basic Requirements.....	5
4	Materials.....	7
4.1	Raw Materials and Reinforcement .....	7
4.2	Performance of High Thermal Resistance Lightweight Aggregate Concrete .....	8
5	Mix Design .....	15
5.1	General requirements .....	15
5.2	Determination of Strength .....	15
5.3	Durability and Long-Term Performance Requirements .....	16
5.4	Selection of Mix Design Parameters .....	18
5.5	Mix Calculation and Adjustment .....	22
6	Architectural Design.....	27
6.1	General requirements .....	27
6.2	Energy efficiency Design.....	27
6.3	Construction and Connection Design.....	29
7	Structural Design .....	34
7.1	General requirements .....	34
7.2	Structural Design of Bearing Exterior Walls.....	34
7.3	Seismic Design of Bearing Exterior Walls .....	36

7.4 Structural Design of Non-Bearing Exterior Walls .....	38
7.5 Construction requirements and Connection Design .....	38
8 Construction Technology .....	42
8.1 General requirements .....	42
8.2 Construction Preparation .....	42
8.3 Formwork Engineering.....	43
8.4 Reinforcement Engineering .....	49
8.5 Concrete Engineering .....	51
8.6 Finished Product Protection .....	52
8.7 Special Protection Requirements .....	53
8.8 Seasonal Construction .....	54
9 Quality Acceptance.....	56
9.1 General requirements .....	56
9.2 Dominant items .....	56
9.3 General items .....	57
9.4 Subdivisional Project Acceptance.....	59
Explanation of wording.....	61
List of quoted standards .....	62
Addition: Explanation of provisions .....	64

# 1 总则

**1.0.1** 为规范高热阻轻骨料混凝土外墙的工程应用，确保工程质量，做到安全适用、技术先进、经济合理、质量可靠，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于除严寒气候区以外，抗震设防烈度 8 度及以下地区的单层、多层民用建筑中的高热阻承重混凝土外墙工程设计、施工和质量验收；也适用于除严寒气候区以外的各类民用建筑中的高热阻非承重混凝土外墙工程设计、施工和质量验收。

**1.0.3** 高热阻轻骨料混凝土外墙的工程应用除应符合本规程外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

**2.1.1 高热阻轻骨料混凝土外墙** lightweight aggregate concrete exterior wall with high thermal resistance

以高热阻轻骨料混凝土为主制成的、具有自保温功能的现浇配筋混凝土外墙，包括高热阻承重混凝土外墙和高热阻非承重混凝土外墙。

**2.1.2 高热阻承重混凝土外墙** load-bearing lightweight aggregate concrete exterior wall with high thermal resistance

可承受结构竖向荷载以及风荷载、地震荷载等水平荷载的高热阻轻骨料混凝土外墙。

**2.1.3 高热阻非承重混凝土外墙** non-load-bearing lightweight aggregate concrete exterior wall with high thermal resistance

仅承受外墙自重荷载的高热阻轻骨料混凝土外墙。

**2.1.4 高热阻轻骨料混凝土** high thermal resistive lightweight aggregate concrete

用轻粗骨料、轻砂或普通砂、胶凝材料、外加剂和水配制而成的干表观密度在  $1400\text{kg/m}^3$  至  $1950\text{kg/m}^3$  之间，干燥状态下导热系数不大于  $0.5\text{W/m}\cdot\text{K}$ ，具有良好保温隔热性能的混凝土。

**2.1.5 清水混凝土** fair-faced concrete

直接利用混凝土成型后的自然质感或艺术造型作为装饰效果的混凝土，可分为普通清水混凝土、饰面清水混凝土、装饰清水混凝土和艺术清水混凝土。

**2.1.6 普通清水混凝土** common fair-faced concrete

表面颜色无明显色差，对饰面效果无特殊要求的清水混凝土。

**2.1.7 饰面清水混凝土** finished fair-faced concrete

表面颜色无明显色差，由对拉螺栓孔眼、假眼、明缝、蝉缝等规律排列的装饰效果的清水混凝土。

### 2.1.8 装饰清水混凝土 decorative fair-faced concrete

表面形成装饰图案、镶嵌装饰片或彩色的清水混凝土。

### 2.1.9 艺术清水混凝土 art fair faced concrete

有独特造型和艺术效果的清水混凝土。

### 2.1.10 清水混凝土保护剂 fair-face concrete protective agent

清水混凝土浇筑完成后，喷涂于表面，用以提高混凝土耐久性的透明材料，简称保护剂。

### 2.1.11 抹面层 rendering coat

高热阻轻骨料混凝土外墙室内、室外两侧墙面抹制的起到保护、找平、装饰作用的单层或复合构造层。

## 2.2 符号

热工性能：

$\lambda_d$ ——高热阻轻骨料混凝土在干燥状态下的导热系数；

$C_d$ ——高热阻轻骨料混凝土在干燥状态下的比热容；

$S_d$ ——高热阻轻骨料混凝土在干燥状态下周期为 24h 的蓄热系数；

$K$ ——高热阻清水混凝土外墙的传热系数；

$R$ ——高热阻清水混凝土外墙的热阻。

力学性能指标：

$E_{LC}$  ——高热阻轻骨料混凝土的弹性模量；

$f_{ck}$  ——高热阻轻骨料混凝土轴心抗压强度标准值；

$f_{cu,0}$  ——高热阻轻骨料混凝土配制强度；

$f_{cu,k}$  ——高热阻轻骨料混凝土立方体抗压强度标准值；

$f_{tk}$  ——高热阻轻骨料混凝土轴心抗拉强度标准值；

$G_{LC}$ ——高热阻轻骨料混凝土的剪切变形模量；

$m_{fcu}$ —— $n$  组试件的立方体抗压强度平均值；

$\sigma$  ——高热阻轻骨料混凝土强度标准差。

配合比指标：

$m_a$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的粗骨料用量；

$m_b$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土中胶凝材料用量；

$m_c$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的水泥用量；

$m_f$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土中矿物掺合料用量；

$m_s$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的细骨料用量；

$m_{wa}$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的附加水量

$m_{wn}$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的净用水量；

$m_{wt}$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的总用水量；

$V_a$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的粗骨料绝对体积；

$V_{alb}$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的粗骨料松散堆积的体积；

$V_s$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的细骨料绝对体积；

$V_{sib}$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的细骨料松散堆积的体积；

$V_{tub}$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土粗、细骨料的松散堆积的总体积；

$W/B$ ——水胶比；

$\beta_f$ ——矿物掺合料掺量；

$\beta_s$ ——松散体积砂率。

其他：

$LC$ ——轻骨料混凝土强度等级符号。

### 3 基本规定

**3.0.1** 高热阻轻骨料混凝土外墙的设计、施工、维护使用应充分考虑建筑所在气候区的自然环境特征、节能与绿建要求、使用者日常生产生活方式、区域经济发展水平等因素，根据建筑节能设计、结构设计、外观设计的要求，综合确定轻骨料混凝土的导热系数、抗压强度与其他技术指标，合理平衡墙体的保温隔热性能与结构力学性能，实现具有地域气候适应性的外维护结构。

**3.0.2** 高热阻轻骨料混凝土外墙应具有均好性，同时符合国家与行业现行规范中对轻骨料混凝土的相关规定，施工中宜采取骨料预湿、合理复配外加剂、合理设置诱导缝等综合性技术措施，防止浇筑时轻骨料的上浮及养护时因混凝土收缩过大墙体产生裂缝，影响结构安全与视觉效果。

**3.0.3** 高热阻轻骨料混凝土外墙的结构设计应遵守安全、耐久的基本原则，并与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和行业标准《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJT12 配套执行。外墙结构的抗震设计应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。外墙结构耐久性设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

**3.0.4** 高热阻轻骨料混凝土的强度等级划分按照《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJT12 的相关规定执行。高热阻承重混凝土外墙或有清水效果要求的高热阻非承重混凝土外墙的混凝土强度等级不低于 LC30，无清水效果要求的高热阻非承重混凝土外墙的混凝土强度等级不低于 LC5.0。

**3.0.5** 有清水效果要求的高热阻轻骨料混凝土外墙的视觉效果应满足一般清水混凝土对色泽、气泡、裂缝、平整度、光洁度与观感缺陷等方面的要求；

**3.0.6** 采用高热阻轻骨料混凝土外墙的建筑内部结构楼板、屋面、现浇

混凝土内墙等构件宜采用普通混凝土。

**3.0.7** 高热阻轻骨料混凝土外墙的基础、门窗洞口及与结构楼板、屋面、女儿墙交接位置应进行必要的节点构造设计，防止产生冷热桥。

**3.0.8** 高热阻轻骨料混凝土外墙工程施工前，应由建设单位组织设计、生产、施工和监理单位对设计文件进行交底和会审；施工单位宜提前进行混凝土试配及预检验，制作用于工艺验证的墙体样板，且应编制专项施工方案。

## 4 材料

### 4.1 原材料及钢筋

#### 4.1.1 水泥应符合下列规定：

1 高贝利特硫铝酸盐水泥应符合现行的行业标准或企业标准的相关规定。

2 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175 的规定；

3 通用硅酸盐水泥以外其他品种的水泥应符合相应国家现行标准的规定。

#### 4.1.2 轻粗骨料和轻细骨料应符合下列规定：

1 人造轻骨料、天然轻骨料和工业废渣轻骨料应符合现行国家标准《轻集料及其试验方法第 1 部分：轻集料》GB/T 17431.1 的规定；

2 膨胀珍珠岩应符合现行行业标准《膨胀珍珠岩》JC 209 的规定。

3 泵送高热阻轻骨料混凝土用轻粗骨料的密度等级不宜低于 600 级，并应采用连续级配，公称最大粒径不宜大于 25mm；轻细骨料的密度等级不宜低于 700 级；

4 有抗震设防要求的高热阻轻骨料混凝土结构构件，其轻骨料的强度标号不宜低于 30。

4.1.3 高热阻轻骨料混凝土用河砂和人工砂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。

4.1.4 高热阻轻骨料混凝土用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。未经处理的海水不应用于高热阻轻骨料混凝土结构中混凝土的拌制和养护。

#### 4.1.5 矿物掺合料应符合下列规定：

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；磨细粉煤灰应符合现行国家标准《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 的规定；

2 粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的规定；

3 钢渣粉应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491 的规定；

4 磷渣粉应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化电炉磷渣粉》GB/T 26751 的规定；

5 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；

6 石灰石粉应符合国家现行标准《石灰石粉混凝土》GB/T 30190 和《石灰石粉在混凝土中应用技术规程》JGJ/T 318 的规定。

7 复合掺合料应符合现行行业标准《混凝土用复合掺合料》JG/T 486 的规定。

4.1.6 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB8076 的规定。

4.1.7 用于高热阻轻骨料混凝土结构的普通钢筋、预应力筋及其性能指标应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。

## 4.2 高热阻轻骨料混凝土性能

4.2.1 高热阻轻骨料混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值应按标准方法制作并养护的边长为 150mm 的立方体试体，在 28d 龄期或设计规定龄期以标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度值。

4.2.2 高热阻轻骨料混凝土的密度等级及其理论密度取值应符合表 4.2.2 的规定。配筋高热阻轻骨料混凝土的理论密度也可根据实际配筋情况确

定，但不应低于表中的规定值。

**表 4.2.2 高热阻轻骨料混凝土的密度等级及其理论密度取值**

密度等级	干表观密度的变化范围 (kg/m <sup>3</sup> )	理论密度 (kg/m <sup>3</sup> )	
		高热阻轻骨料混凝土	配筋高热阻轻骨料混凝土
1400	1360~1450	1450	1550
1500	1460~1550	1550	1650
1600	1560~1650	1650	1750
1700	1660~1750	1750	1850
1800	1760~1850	1850	1950
1900	1860~1950	1950	2050

**4.2.3** 结构用高热阻轻骨料混凝土应采用砂轻混凝土。高热阻轻骨料混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 LC30。

**4.2.4** 有抗震设防要求的高热阻轻骨料混凝土结构构件的高热阻轻骨料混凝土强度等级应符合下列规定：

- 1 抗震设防烈度不低于 8 度时，不宜超过 LC50；
- 2 一、二、三、四级抗震等级的结构构件，高热阻轻骨料混凝土强度等级不应低于 LC30。

**4.2.5** 结构用高热阻人造轻骨料混凝土的轴心抗压、轴心抗拉强度标准值  $f_{ck}$ 、 $f_{tk}$  应按表 4.2.5 采用。轴心抗拉强度标准值，对自燃煤矸石混凝土应按表中数值乘以系数 0.85，对火山渣混凝土应按表中数值乘以系数 0.80。

**表 4.2.5 高热阻人造轻骨料混凝土的强度标准值 (N/mm<sup>2</sup>)**

强度类别	高热阻人造轻骨料混凝土强度等级						
	LC30	LC35	LC40	LC45	LC50	LC55	LC60
$f_{ck}$	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5
$f_{tk}$	2.01	2.20	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85

**4.2.6** 结构用高热阻人造轻骨料混凝土轴心抗压、轴心抗拉强度设计值  $f_c$ 、 $f_t$  应按表 4.2.6 采用，并应符合下列规定：

1 计算现浇钢筋高热阻轻骨料混凝土轴心受压及偏心受压构件时，对于截面的长边或直径小于 300mm 的构件，表 4.2.6 中高热阻轻骨料混凝土的强度设计值应乘以系数 0.80。

2 轴心抗拉强度设计值，用于承载能力极限状态计算时，对自燃煤矸石混凝土应按表 4.2.6 中数值乘以系数 0.85，对火山渣混凝土应按表中数值乘以系数 0.80；用于构造计算时，应按表 4.2.6 取值。

**表 4.2.6 高热阻人造轻骨料混凝土的强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)**

强度类别	高热阻人造轻骨料混凝土强度等级									
	LC15	LC20	LC25	LC30	LC35	LC40	LC45	LC50	LC55	LC60
$f_c$	7.2	9.6	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5
$f_t$	0.91	1.10	1.27	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04

**4.2.7** 结构用高热阻轻骨料混凝土的弹性模量  $E_c$  可按表 4.2.7 取值。当有可靠试验依据时，弹性模量  $E_c$  也可根据实测数据确定。

**表 4.2.7 结构用高热阻人造轻骨料混凝土的弹性模量 ( $\times 10^4$ N/mm<sup>2</sup>)**

强度等级	密度等级					
	1400	1500	1600	1700	1800	1900
LC15	1.10	1.17	1.25	1.33	1.41	1.49
LC20	1.26	1.36	1.45	1.54	1.63	1.72
LC25	1.41	1.52	1.62	1.72	1.82	1.92
LC30	1.55	1.66	1.77	1.88	1.99	2.10
LC35	—	1.79	1.91	2.03	2.15	2.27
LC40	—	—	2.04	2.17	2.30	2.43
LC45	—	—	—	2.30	2.44	2.57
LC50	—	—	—	2.43	2.57	2.71

LC55	—	—	—	—	2.70	2.85
LC60	—	—	—	—	2.82	2.97

4.2.8 结构用高热阻轻骨料混凝土的剪切变形模量  $G_c$  可按下式计算：

$$G_{LC} = \frac{5}{12} E_{LC} \quad (4.2.8)$$

4.2.9 结构用高热阻轻骨料混凝土的收缩值可按下列公式计算，且设计、施工的控制目标值取值不应大于表 4.2.9-1 的规定值。

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0(t) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \beta_4 \quad (4.2.9-1)$$

$$\varepsilon_0(t) = \frac{t}{a_s + b_s t} \times 10^{-3} \quad (4.2.9-2)$$

式中： $\varepsilon(t)$  ——结构用高热阻轻骨料混凝土的收缩值；

$\varepsilon_0(t)$  ——结构用高热阻轻骨料混凝土随龄期变化的收缩值；

$t$  ——龄期（d）；

$\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、 $\beta_4$  ——结构用高热阻轻骨料混凝土的收缩值修正系

数，可按表 4.2.9-2 取值；

$a_s$ 、 $b_s$  ——计算参数，当初始测试龄期为 3d 时， $a_s$  取 78.69， $b_s$  取 1.20；当初始测试龄期为 28d 时， $a_s$  取 120.23， $b_s$  取 2.26。

表 4.2.9-1 不同龄期的收缩值

龄期（d）	28	90	180	360	终极值
收缩值（mm/m）	0.36	0.59	0.72	0.82	0.85

表 4.2.9-2 收缩值与徐变系数的修正系数

影响因素	变化条件	收缩值修正系数		徐变系数修正系数	
		符号	修正系数	符号	修正系数
相对湿度（%）	≤40	$\beta_1$	1.30	$\zeta_1$	1.30
	≈60		1.00		1.00
	≥80		0.75		0.75

截面尺寸（体积/表面积，cm）	2.00	$\beta_2$	1.20	$\xi_2$	1.15
	2.50		1.00		1.00
	3.75		0.95		0.92
	5.00		0.90		0.85
	10.00		0.80		0.70
	15.00		0.65		0.60
	>20		0.40		0.55
养护方法	标准养护	$\beta_3$	1.00	$\xi_3$	1.00
	蒸汽养护		0.80		0.85
粉煤灰取代水泥率（%）	0	$\beta_4$	1.00	$\xi_4$	1.00
	10~20		0.95		1.00
加荷龄期（d）	7	—	-	$\xi_5$	1.20
	14		-		1.10
	28		-		1.00
	90		-		0.80

**4.2.10** 结构用高热阻轻骨料混凝土的徐变系数可按下列公式计算，且设计、施工的控制目标值取值不应大于表 4.2.10 的规定值。

$$\varphi(t) = \varphi_0(t) \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_4 \cdot \xi_5 \quad (4.2.10-1)$$

$$\varphi_0(t) = \frac{t^n}{a_c + b_c t^n} \quad (4.2.10-2)$$

式中： $\varphi(t)$ ——结构用高热阻轻骨料混凝土的徐变系数；

$\varphi_0(t)$ ——结构用高热阻轻骨料混凝土随持荷时间变化的徐变系数；

$\xi_1$ 、 $\xi_2$ 、 $\xi_3$ 、 $\xi_4$ 、 $\xi_5$ ——结构用高热阻轻骨料混凝土徐变系数的修正系数，可按表 4.2.9-2 取值；

$n$ 、 $a_c$ 、 $b_c$ ——计算参数,当加荷龄期为 28d 时,  $n$  取 0.6,  $a_c$  取 4.520,  $b_c$  取 0.353。

**表 4.2.10 不同持荷时间的徐变系数**

持荷时间 (d)	28	90	180	360	终极值
徐变系数	1.63	2.11	2.38	2.64	2.65

**4.2.11 高热阻轻骨料混凝土耐久性能应符合下列规定:**

**1** 高热阻轻骨料混凝土的碳化性能应符合表 4.2.11-1 的规定, 并应满足设计要求;

**表 4.2.11-1 高热阻轻骨料混凝土碳化性能要求**

等级	环境条件	28d 碳化深度 (mm)
1	室内, 正常湿度	≤40
2	室外, 正常湿度; 室内, 潮湿	≤35
3	室外, 潮湿	≤30
4	干湿交替	≤25

注: 1 正常湿度系指相对湿度为 55%~65%;

2 潮湿系指相对湿度为 65%~80%;

3 28d 碳化深度是采用现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 中碳化试验方法的试验结果。

**2** 高热阻轻骨料混凝土在夏热冬冷地区的环境条件下, 抗冻性能要求抗冻等级不小于 F50;

**3** 高热阻轻骨料混凝土的抗渗、抗硫酸盐腐蚀、抗氯离子渗透等耐久性能应满足设计要求。

**4.2.12 高热阻轻骨料混凝土拌合物性能应满足施工要求, 并应符合下列规定:**

**1** 高热阻轻骨料混凝土坍落度和扩展度的允许偏差应符合表 4.2.12-1 的规定。

**表 4.2.12-1 高热阻轻骨料混凝土拌合物坍落度和扩展度的允许偏差**

项目	控制目标值 (mm)	允许偏差 (mm)
坍落度	≤40	± 10
	50 ~ 90	± 20
	100 ~ 150	± 20
	≥160	± 30
扩展度	≥500	± 30

2 泵送高热阻轻骨料混凝土坍落度经时损失不宜大于 30mm/h;

3 高热阻轻骨料混凝土拌合物不应离析，轻骨料不应明显上浮;

4 高热阻轻骨料混凝土拌合物的凝结时间应满足施工要求和混凝土性能要求。

5 高热阻轻骨料混凝土拌合物中水溶性氯离子最大含量应符合表 4.2.12-2 的规定。

**表 4.2.12-2 高热阻轻骨料混凝土拌合物中水溶性氯离子最大含量**

环境条件	钢筋混凝土水溶性氯离子最大含量（水泥用量的质量百分比，%）
干燥环境	0.30
潮湿但不含氯离子的环境	0.20
潮湿而含有氯离子的环境、盐渍土环境	0.10
除冰盐等侵蚀性物质的腐蚀环境	0.06

**4.2.13** 高热阻轻骨料混凝土的泊松比可取 0.2。

**4.2.14** 当温度为 0℃~100℃ 范围内时，高热阻轻骨料混凝土的温度线膨胀系数可取  $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，低密度等级者宜取较低值，高密度等级者宜取较高值。

**4.2.15** 高热阻轻骨料混凝土在干燥条件下和在平衡含水率条件下的表现密度不大于  $1950 \text{ kg/m}^3$ ，干燥状态下导热系数不大于  $0.5\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。

## 5 配合比设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 高热阻轻骨料混凝土配合比设计应符合配制强度、密度、拌合物性能、耐久性能的规定，并应满足设计对高热阻轻骨料混凝土的其它性能要求。

**5.1.2** 高热阻轻骨料混凝土配合比设计应采用工程实际使用的原材料，并应以合理使用材料和节约水泥等胶凝材料为原则。

**5.1.3** 高热阻轻骨料混凝土配合比中的轻粗骨料宜采用同一品种的轻骨料；当掺用另一品种轻粗骨料时，其掺用比例应通过试验确定。

**5.1.4** 在高热阻轻骨料混凝土中加入外加剂和矿物掺合料时，应符合下列规定：

- 1 外加剂的品种和掺量应通过试验确定，与水泥等胶凝材料的适应性应满足设计与施工对混凝土性能的要求；
- 2 矿物掺合料的品种和掺量应通过试验确定。

### 5.2 配制强度的确定

**5.2.1** 清水混凝土配制强度应按下式计算：

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (5.2.1)$$

式中： $f_{cu,0}$ ——高热阻轻骨料混凝土配制强度（N/mm<sup>2</sup>）；

$f_{cu,k}$ ——高热阻轻骨料混凝土立方体抗压强度标准值（N/mm<sup>2</sup>），取混凝土的设计强度等级值；

$\sigma$ ——高热阻轻骨料混凝土强度标准差（N/mm<sup>2</sup>）。

**5.2.2** 高热阻轻骨料混凝土强度标准差应按下列规定确定：

- 1 当具有 3 个月以内的同一品种、同一强度等级的高热阻轻骨料混

凝土强度资料，且试件组数不小于 30 组时，其高热阻轻骨料混凝土强度标准差  $\sigma$  应按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{fcu}^2}{n-1}} \quad (5.2.2)$$

式中： $\sigma$ ——高热阻轻骨料混凝土强度标准差（N/mm<sup>2</sup>）；

$f_{cu,i}$ ——第  $i$  组的试件强度（N/mm<sup>2</sup>）；

$m_{fcu}$ —— $n$  组试件的强度平均值（N/mm<sup>2</sup>）；

$n$ ——试件组数。

2 当没有近期的同一品种、同一强度等级的高热阻轻骨料混凝土强度资料时，或当采用非统计方法评定强度时，高热阻轻骨料混凝土强度标准差  $\sigma$  可按表 5.2.2 取值。

表 5.2.2 强度标准差  $\sigma$  取值

高热阻轻骨料混凝土强度等级	LC30~	高于
	LC35	LC35
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	5.0	6.0

### 5.3 耐久性能和长期性能要求

**5.3.1** 高热阻轻骨料混凝土配合比设计应将工程设计文件提出的耐久性能和长期性能要求作为设计目标；工程设计文件未提出高热阻轻骨料混凝土耐久性能要求时，高热阻轻骨料混凝土配合比设计应结合工程具体情况根据现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 中对混凝土耐久性能的要求作为设计目标。

**5.3.2** 在配合比设计过程中，应经试验确定高热阻轻骨料混凝土配合比是否符合耐久性能和长期性能的规定；预拌高热阻轻骨料混凝土耐久性能的配合比设计应符合本标准第 5.3.3 条~第 5.3.7 条的规定。

**5.3.3** 具有抗裂要求的高热阻轻骨料混凝土配合比设计宜符合下列规定：

- 1 净水胶比不宜大于 0.50，宜采用聚羧酸系高性能减水剂；
- 2 试配的混凝土早期抗裂试验的单位面积上的总开裂面积不宜大于 700 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>。

5.3.4 具有抗渗要求的高热阻轻骨料混凝土配合比设计应符合下列规定：

- 1 最大净水胶比应符合表 5.3.4 的规定；

表 5.3.4 最大净水胶比

设计抗渗等级	最大净水胶比
P6	0.55
P8~P12	0.45
> P12	0.40

- 2 每立方米高热阻轻骨料混凝土中的胶凝材料不宜小于 320kg；
- 3 配制具有抗渗要求的高热阻轻骨料混凝土的抗渗水压值应比设计值提高 0.2 MPa；抗渗试验结果应符合下式规定：

$$P_t \geq \frac{P}{10} + 0.2 \quad (5.3.4)$$

式中： $P_t$ ——六个试件中不少于 4 个未出现渗水时的最大水压值 (MPa)；

$P$ ——设计要求的抗渗等级值。

5.3.5 具有抗冻要求的高热阻轻骨料混凝土配合比设计应符合下列规定：

- 1 最大净水胶比和最小胶凝材料用量应符合表 5.3.5-1 的规定；
- 2 复合矿物掺合料的最大掺量宜符合表 5.3.5-2 的规定；其它矿物掺合料的最大掺量宜符合本标准表 5.4.2-1 的规定；
- 3 引气剂掺量应经试验确定，使高热阻轻骨料混凝土含气量符合工程设计对高热阻轻骨料混凝土性能的要求。

表 5.3.5-1 最大净水胶比和最小胶凝材料用量

设计抗冻等级	最大净水胶比		最小胶凝材料用量(kg/m <sup>3</sup> )
	无引气剂时	掺引气剂时	
F50	0.50	0.56	320

F100	0.45	0.53	340
F150	0.40	0.50	360
F200	—	0.50	360

表 5.3.5-2 复合矿物掺合料最大掺量

净水胶比	复合矿物掺合料最大掺量 (%)	
	采用硅酸盐水泥时	采用普通硅酸盐水泥时
≤0.40	55	45
>0.40	45	35

注：采用其它通用硅酸盐水泥时，应将水泥混合材掺量 20%以上的混合材量计入矿物掺合料。

### 5.3.6 高热阻轻骨料混凝土抗氯离子渗透配合比宜符合下列规定：

- 1 净水胶比不宜大于 0.40；
- 2 每立方米高热阻轻骨料混凝土中的胶凝材料不宜小于 350kg；
- 3 矿物掺合料掺量不宜小于 25%。

### 5.3.7 高热阻轻骨料混凝土抗硫酸盐侵蚀配合比设计要求应符合表 5.3.7 的规定。

表 5.3.7 高热阻轻骨料混凝土抗硫酸盐侵蚀配合比设计要求

抗硫酸盐等级	最大净水胶比	矿物掺合料掺量 (%)
KS120	0.42	≥30
KS150	0.38	≥35
> KS150	0.33	≥40

注：1 矿物掺合料掺量为采用普通硅酸盐水泥时的掺量；

2 矿物掺合料主要为矿渣粉和粉煤灰等，或复合采用。

## 5.4 配合比设计参数选择

5.4.1 不同试配强度的高热阻轻骨料混凝土的胶凝材料用量可按表 5.4.1 选用，胶凝材料中的水泥宜为 42.5 级普通硅酸盐水泥；高热阻轻骨料混凝土最大胶凝材料用量不宜超过 550kg/m<sup>3</sup>；对于泵送高热阻轻骨料混凝土，胶凝材料用量不宜小于 350 kg/m<sup>3</sup>。

表 5.4.1 高热阻轻骨料混凝土的胶凝材料用量(kg / m<sup>3</sup>)

混凝土试 配强度 (N/mm <sup>2</sup> )	轻骨料密度等级						
	400	500	600	700	800	900	1000
5.0~7.5	280~ 360	260~ 340	240~ 320	220~ 300	-	-	-
7.5~10	-	280~ 370	260~ 350	240~ 320	-	-	-
10~15	-	-	280~ 350	260~ 340	240~ 330	-	-
15~20	-	-	300~ 400	280~ 380	270~ 370	260~ 360	250~ 350
20~25	-	-	-	330~ 400	320~ 390	310~ 380	300~ 370
25~30	-	-	-	380~ 450	370~ 440	360~ 430	350~ 420
30~40	-	-	-	420~ 500	390~ 490	380~ 480	370~ 470
40~50	-	-	-	-	430~ 530	420~ 520	410~ 510
50~60	-	-	-	-	450~ 550	440~ 540	430~ 530

注：表中下限范围值适用于圆球型轻骨料砂轻高热阻轻骨料混凝土，上限范围值适用于碎石型轻粗骨料砂轻高热阻轻骨料混凝土和全轻高热阻轻骨料混凝土。

5.4.2 矿物掺合料在轻骨料混凝土中的掺量应符合下列规定：

- 1 钢筋混凝土中矿物掺合料最大掺量宜符合表 5.4.2-1 的规定；
- 2 对于大体积混凝土，粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和复合掺合料的最大掺量可增加 5%；
- 3 采用掺量大于 30%的 C 类粉煤灰的混凝土应以实际使用的水泥和粉煤灰掺量进行安定性检验；
- 4 在混合使用两种或两种以上矿物掺合料时，矿物掺合料总掺量应符合表 5.4.2-1 和表 5.4.2-2 中复合掺合料的规定；
- 5 复合掺合料各组分的掺量不宜超过单掺时的最大掺量；
- 6 矿物掺合料最终掺量应通过试验确定。

表 5.4.2-1 钢筋混凝土中矿物掺合料最大掺量

矿物掺合料种类	净水胶比	最大掺量 (%)	
		采用硅酸盐水泥时	采用普通硅酸盐水泥时
粉煤灰	≤0.40	45	35
	>0.40	40	30
粒化高炉矿渣粉	≤0.40	65	55
	>0.40	55	45
钢渣粉	—	30	20
磷渣粉	—	30	20
硅灰	—	10	10
复合掺合料	≤0.40	65	55
	>0.40	55	45

5.4.3 高热阻轻骨料混凝土的净用水量可按表 5.4.3 选用，并应根据采用的外加剂，对其性能经试验调整后确定。

表 5.4.3 高热阻轻骨料混凝土的净用水量

高热阻轻骨料混凝土成型方式	拌合物性能要求		净用水量 (kg/m <sup>3</sup> )
	维勃稠度 (s)	坍落度 (mm)	

振动加压成型	10~20	-	45~140
振动台成型	5~10	0~10	140~160
振捣棒或平板振动器振实	-	30~80	160~180
机械振捣	-	150~200	140~170
钢筋密集机械振捣	-	≥200	145~180

**5.4.4** 高热阻轻骨料混凝土的砂率应以体积砂率表示。体积可用绝对体积或松散体积表示，对应的砂率应为绝对体积砂率或松散体积砂率。高热阻轻骨料混凝土的砂率可按表 5.4.4 选用。当混合使用普通砂和轻砂作为细骨料时，宜取表中的中间值，并按普通砂和轻砂的混合比例进行插值计算；当采用圆球型轻粗骨料时，宜取表中的下限值；当采用碎石型轻粗骨料时，宜取表中的上限值。对于泵送现浇的高热阻轻骨料混凝土，砂率宜取表中的上限值。

**表 5.4.4 高热阻轻骨料混凝土的砂率**

施工方式	细骨料品种	砂率 (%)
现 浇	轻 砂	40~55
	普 通 砂	35~45

**5.4.5** 当采用松散体积法设计配合比时，粗细骨料松散堆积的总体积可按表 5.4.5 选用。当采用膨胀珍珠岩砂时，宜取表中的上限值。

**表 5.4.5 粗细骨料松散堆积的总体积**

轻粗骨料粒型	细骨料品种	粗细骨料松散堆积的总体积 (m <sup>3</sup> )
圆 球 型	轻 砂	1.25~1.50
	普 通 砂	1.10~1.40
碎 石 型	轻 砂	1.35~1.65
	普 通 砂	1.15~1.60

## 5.5 配合比计算与调整

**5.5.1** 高热阻轻骨料混凝土配合比计算可采用松散体积法，也可采用绝对体积法。配合比计算中粗细骨料用量均以干燥状态为基准。

**5.5.2** 松散体积法应符合下列规定：

1 粗细骨料的种类及粗骨料的最大粒径，应根据设计要求的高热阻轻骨料混凝土的强度等级、混凝土的用途进行确定；

2 粗骨料应测定其堆积密度、筒压强度和 1h 吸水率，细骨料应测定其堆积密度；

3 应按本标准第 5.2.1 条计算混凝土试配强度；

4 应按本标准第 5.4.1 条选择胶凝材料用量，并按下列公式计算矿物掺合料用量和水泥用量；

$$m_f = m_b \beta_f \quad (5.5.2-1)$$

$$m_c = m_b - m_f \quad (5.5.2-2)$$

式中： $m_f$  — 每立方米高热阻轻骨料混凝土中矿物掺合料用量（kg）；  
 $m_b$  — 每立方米高热阻轻骨料混凝土中胶凝材料用量（kg）；  
 $\beta_f$  — 矿物掺合料掺量（%），可按本标准第 5.4.2 条的规定确定；  
 $m_c$  — 每立方米高热阻轻骨料混凝土中水泥用量（kg）。

5 应按本标准第 5.4.3 条选择净用水量；

6 应根据混凝土用途按本标准第 5.4.4 条选取松散体积砂率；

7 应根据粗细骨料的类型，按本标准第 5.4.5 条选用粗、细骨料松散堆积的总体积，并按下列公式计算粗、细骨料用量：

$$V_{slb} = V_{tlb} \times \beta_s \quad (5.5.2-3)$$

$$m_s = V_{slb} \times \rho_{slb} \quad (5.5.2-4)$$

$$V_{alb} = V_{tlb} - V_{slb} \quad (5.5.2-5)$$

$$m_a = V_{alb} \times \rho_{alb} \quad (5.5.2-6)$$

式中： $V_{slb}$ 、 $V_{alb}$ ——分别为每立方米高热阻轻骨料混凝土的细骨料和粗骨料松散堆积的体积( $m^3$ )；

$V_{tlb}$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土粗、细骨料的松散堆积的总体积( $m^3$ )；

$m_s$ 、 $m_a$ ——分别为每立方米高热阻轻骨料混凝土的细骨料和粗骨料的用量(kg)；

$\beta_s$ ——松散体积砂率(%)；

$\rho_{slb}$ 、 $\rho_{alb}$ ——分别为细骨料和粗骨料的堆积密度( $kg/m^3$ )。

**8** 应按下式计算总用水量；在采用预湿的轻骨料时，净用水量应取为总用水量。

$$m_{wt}=m_{wn}+m_{wa} \quad (5.5.2-7)$$

式中： $m_{wt}$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的总用水量(kg)；

$m_{wn}$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的净用水量(kg)；

$m_{wa}$ ——每立方米高热阻轻骨料混凝土的附加水量(kg)。

**9** 应按下式计算高热阻轻骨料混凝土干表观密度 $\rho_{cd}$ ，并与设计要求的干表观密度进行对比，当其误差大于2%时，则应重新调整和计算配合比。

$$\rho_{cd}=1.15m_b+m_a+m_s \quad (5.5.2-8)$$

### 5.5.3 绝对体积法应按下列步骤进行：

**1** 粗细骨料的种类及粗骨料的最大粒径，应根据设计要求的高热阻轻骨料混凝土强度等级、混凝土的用途确定；

**2** 粗骨料应测定其表观密度、筒压强度和1h吸水率，细骨料应测定其表观密度；

**3** 应按本标准第5.2.1条计算混凝土试配强度；

**4** 应按本标准第5.4.1条选择胶凝材料用量，并按本标准式(5.5.2-1)和式(5.5.2-2)分别计算矿物掺合料用量和水泥用量；

- 5 应按本标准第 5.4.3 条选择净用水量；
- 6 应根据混凝土用途按本标准第 5.4.4 条选取绝对体积砂率；
- 7 应按下列公式计算粗、细骨料的用量：

$$V_s = \left[ 1 - \left( \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_{wn}}{\rho_w} \right) \div 1000 \right] \times s_p \quad (5.5.3-1)$$

$$m_s = V_s \times \rho_s \quad (5.5.3-2)$$

$$V_a = \left[ 1 - \left( \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_{wn}}{\rho_w} + \frac{m_s}{\rho_s} \right) \div 1000 \right] \quad (5.5.3-3)$$

$$m_a = V_a \times \rho_{ap} \quad (5.5.3-4)$$

式中： $V_s$  — 每立方米高热阻轻骨料混凝土的细骨料绝对体积( $m^3$ )；

$m_s$  — 每立方米高热阻轻骨料混凝土的细骨料用量(kg)；

$m_c$  — 每立方米高热阻轻骨料混凝土的水泥用量(kg)；

$m_{wn}$  — 每立方米高热阻轻骨料混凝土的净用水量(kg)；

$s_p$  — 绝对体积砂率(%)；

$V_a$  — 每立方米高热阻轻骨料混凝土的粗骨料绝对体积( $m^3$ )；

$m_a$  — 每立方米高热阻轻骨料混凝土的粗骨料用量(kg)；

$\rho_c$  — 水泥的表观密度( $g/cm^3$ )， $\rho_c$ 可取 2.9~3.1；

$\rho_w$  — 水的表观密度( $g/cm^3$ )， $\rho_w$ 可取 1.0；

$\rho_s$  — 细骨料的表观密度( $g/cm^3$ )，采用普通砂时， $\rho_s$ 可取 2.6；

$\rho_{ap}$  — 粗骨料的表观密度( $kg/m^3$ )。

8 应按本标准式(5.5.2-7)计算总用水量；在采用预湿的轻骨料时，净用水量应取为总用水量；

9 应按本标准式(5.5.2-8)计算高热阻轻骨料混凝土干表观密度  $\rho_{cd}$ ，并应与设计要求的干表观密度进行对比，当其误差大于 2%时，则应重新调整和计算配合比。

**5.5.4** 计算得出的高热阻轻骨料混凝土配合比应通过试配予以调整。配合比的调整应按下列步骤进行：

1 以计算的混凝土配合比为基础，应维持用水量不变，选取与计算配合比胶凝材料相差±10%的两个胶凝材料用量，砂率相应适当减小和增加，然后分别按三个配合比拌制混凝土；并测定拌合物的稠度，调整用水量，以达到规定的稠度为止。

2 应按校正后的三个混凝土配合比进行试配，检验混凝土拌合物的稠度和湿表观密度，制作确定混凝土抗压强度标准值的试块，每种配合比应至少制作一组。

3 标准养护 28d 后，应测定混凝土抗压强度和干表观密度；以既能达到设计要求的混凝土配制强度和干表观密度又具有最小胶凝材料用量的配合比作为选定配合比。

4 对选定配合比进行方量校正，并应符合下列规定：

1) 应按下式计算选定配合比的高热阻轻骨料混凝土拌合物的湿表观密度：

$$\rho_{cc} = m_a + m_s + m_b + m_{wt} \quad (5.5.4-1)$$

式中： $\rho_{cc}$  — 按选定配合比各组成材料计算的湿表观密度 (kg/m<sup>3</sup>)；

$m_a$ 、 $m_s$ 、 $m_b$ 、 $m_{wt}$  — 分别为选定配合比中的每立方米高热阻轻骨料混凝土的粗、细骨料用量、胶凝材料用量和总用水量(kg)。

2) 实测按选定配合比配制高热阻轻骨料混凝土拌合物的湿表观密度，并按下式计算方量校正系数：

$$\eta = \frac{\rho_{c0}}{\rho_{cc}} \quad (5.5.4-2)$$

式中： $\eta$  — 方量校正系数；

$\rho_{c0}$  — 实测按选定配合比配制高热阻轻骨料混凝土拌合物

— 的湿表观密度(kg/m<sup>3</sup>)。

3) 选定配合比中的各项材料用量均应乘以校正系数即为调整确定的配合比。

**5.5.5** 对于调整确定的高热阻轻骨料混凝土配合比,应测定拌合物中水溶性氯离子含量,试验结果应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164 的规定。

**5.5.6** 对耐久性能有设计要求的高热阻轻骨料混凝土应进行相关耐久性能验证试验,试验结果应符合设计要求。

## 6 建筑设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 高热阻轻骨料混凝土外墙应结合建筑造型与功能、结构体系、保温围护系统、热工构造、防水构造、暗埋管线及内装系统进行集成一体化设计，采用简单均质的外墙构造层次，实现混凝土材料的轻量化与施工、建造措施的减量化。

**6.1.2** 高热阻轻骨料混凝土外墙的耐火等级、构件的耐火极限、防火封堵均应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑防火通用规范》GB 55037 及《农村防火规范》GB50039 的相关规定。

**6.1.3** 高热阻轻骨料混凝土外墙的隔声性能应符合现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 及《建筑环境通用规范》GB 55016 的相关规定。

**6.1.4** 高热阻轻骨料混凝土外墙应采用有效的构造措施防止建筑物外墙在使用过程中产生渗漏水。墙体的防水性能应满足《建筑与市政工程防水通用规范》GB55030、《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235 及《民用建筑通用规范》GB55031 的相关规定。

**6.1.5** 墙体设计厚度一般不大于 450mm。

### 6.2 节能设计

**6.2.1** 高热阻轻骨料混凝土外墙的窗墙比、围护结构的热工性能应按照符合《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《农村居住建筑节能设计标准》GB T50824 和地方现行的相关节能标准进行设计。

**6.2.2** 高热阻轻骨料混凝土外墙采用的轻骨料混凝土导热系数一般在 0.2W/m·K 至 0.4W/m·K 之间，各气候区不同类型建筑中建议设计采用的混凝土导热系数限值、对应墙体最小厚度、建议的应用方式见表 6.2.2-1 至表 6.2.2-3 的规定。

表 6.2.2-1 城市甲类公共建筑高热阻轻骨料混凝土外墙节能设计基本要求

气候区 类型	体型系数	规范要求的外 墙传热系数限 值 [W/m <sup>2</sup> ·K]	建议设计采用的高热 阻轻骨料混凝土导热 系数限值[ W/(m·K)]	建议最小 墙体厚度 (mm)	建议的应用 方式
寒冷地	≤0.30	0.5	≤0.20	400	非承重

区	0.30-0.50	0.45	$\leq 0.20$	450	非承重
夏热冬冷地区	-	0.6	$\leq 0.20$	350	非承重
			$\leq 0.30$	450	结构承重
夏热冬暖地区	-	0.7	$\leq 0.20$	300	非承重
			$\leq 0.30$	400	结构承重
			$\leq 0.40$	500	结构承重
温和地区	-	0.8	$\leq 0.20$	250	非承重
			$\leq 0.30$	350	结构承重
			$\leq 0.40$	450	结构承重

表 6.2.2-2 城市乙类公共建筑高热阻轻骨料混凝土外墙节能设计基本要求

气候区类型	规范要求的外墙传热系数限值 $[W/m^2 \cdot K]$	建议设计采用的高热阻轻骨料混凝土导热系数限值 $[W/(m \cdot K)]$	建议最小墙体厚度 (mm)	建议的应用类型
寒冷地区	0.6	$\leq 0.20$	350	非承重
夏热冬冷地区	1.0	$\leq 0.20$	200	非承重
		$\leq 0.30$	250	结构承重
夏热冬暖地区	1.5	$\leq 0.20$	120	非承重
		$\leq 0.30$	150	结构承重
		$\leq 0.40$	200	结构承重

表 6.2.2-3 农村居住建筑高热阻轻骨料混凝土外墙节能设计基本要求

气候区类型	规范要求的外墙传热系数限值 $W/(m^2 \cdot K) *$	建议设计采用的高热阻轻骨料混凝土导热系数限值 $W/(m \cdot K)$	建议最小墙体厚度 mm	建议的应用类型
寒冷地区	0.65	$\leq 0.20$	350	自承重
		$\leq 0.30$	500	结构承重

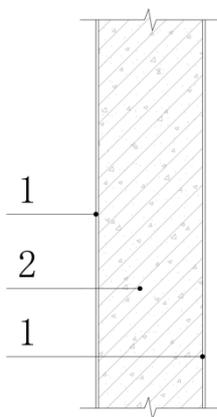
夏热冬冷地区	1.8	$\leq 0.20$	120	自承重
		$\leq 0.30$	150	结构承重
		$\leq 0.40$	200	结构承重
夏热冬暖地区	2.0	$\leq 0.20$	120	自承重
		$\leq 0.30$	150	结构承重
		$\leq 0.40$	200	结构承重

**6.2.3** 采用高热阻轻骨料混凝土外墙的建筑屋面宜设置保温隔热层，保温隔热材料厚度、构造形式、屋面传热系数应符合现行国家有关标准的规定。

**6.2.4** 沿高热阻轻骨料混凝土外墙的建筑周边地面宜设置附加保温层，地面保温层下方应设置防潮层，外墙在室外地坪以下的垂直墙面宜增设保温层。

### 6.3 构造与连接设计

**6.3.1** 高热阻轻骨料混凝土外墙宜采用配筋轻骨料混凝土形成单一构造、具有自保温性能的结构承重或非结构承重墙体（图 6.3.1），不宜采用“三明治”夹芯保温等复合构造体系。墙体两侧的抹面层或清水混凝土保护剂应采用具有良好环保性、耐候抗污性、憎水性的材料。

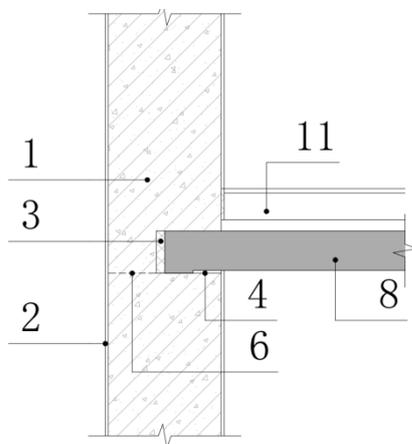


1-抹面层或清水混凝土保护剂 2-配筋轻骨料混凝土外墙

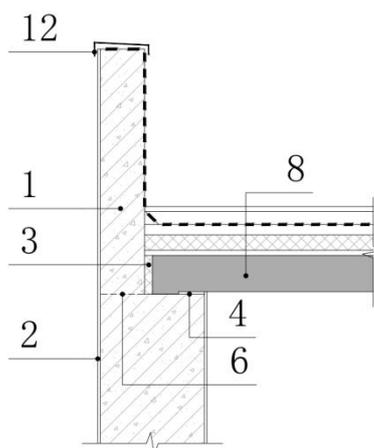
**图 6.3.1 高热阻轻骨料混凝土外墙构造**

**6.3.2** 高热阻承重混凝土外墙与室内结构楼板、屋面结构板的连接宜采用简支连接方式（图 6.3.2（a）-（b））。室内宜采用采暖楼面，结构楼板侧面宜敷设附

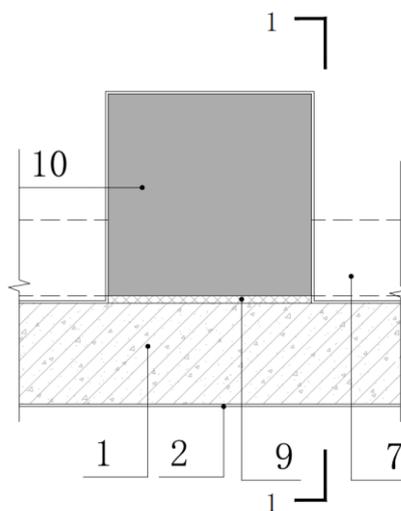
加保温层避免产生冷热桥，防止墙体局部产生结露、发霉、滴水现象。高热阻非承重混凝土外墙应与主体结构连接牢固，保证使用中的安全可靠（图 6.3.2 (c) - (e)）。



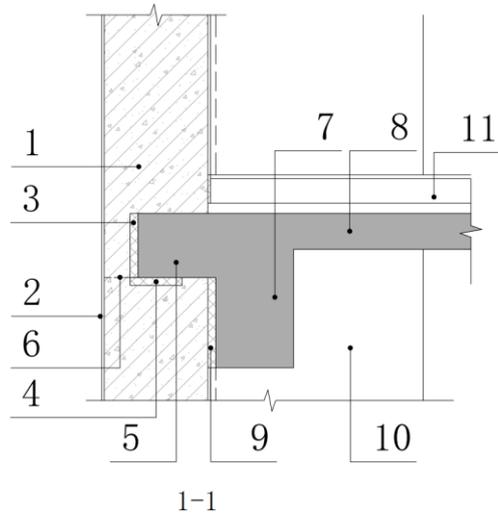
(a) 承重外墙与结构楼板连接



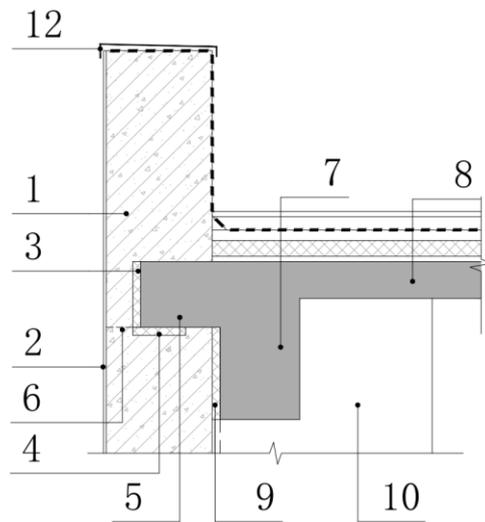
(b) 承重外墙与屋面结构板连接



(c) 非承重外墙与主体结构楼板连接—平面



(d) 非承重外墙与主体结构楼板连接—剖面

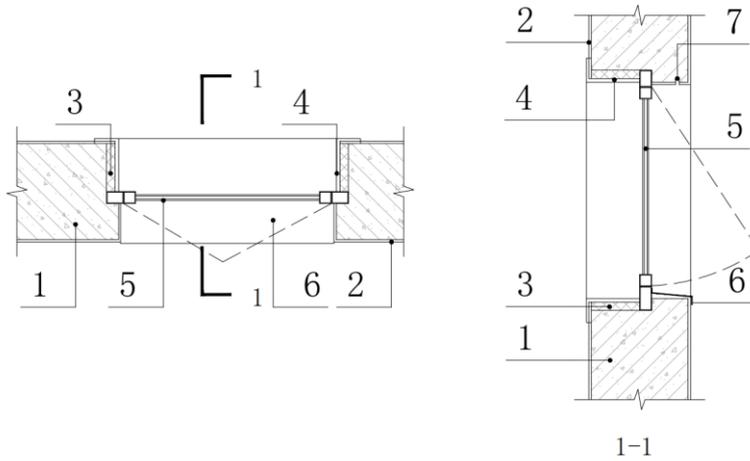


(e) 非承重外墙与主体结构屋面板连接

1-配筋轻骨料混凝土外墙 2-抹面层或清水混凝土保护剂 3-板侧附加保温层 4-发泡橡胶垫等柔性填充材料 5-主体结构挑耳板 6-外墙现浇混凝土施工缝 7-主体结构梁 8-普通混凝土结构板 9-保温防火填充层 10-结构柱  
11-低温辐射采暖楼面 12-女儿墙压顶

图 6.3.2 高热阻轻骨料混凝土外墙与楼板、屋面结构板连接节点示意

**6.3.3** 高热阻轻骨料混凝土外墙中的外窗宜采用中置或室内侧齐平的方式安装，不宜采用外侧齐平的安装方式，窗室外一侧应设置滴水线与窗台压顶，室内侧宜沿窗四周设置保温层并配置窗套（图 6.3.3 (a) - (b)）。



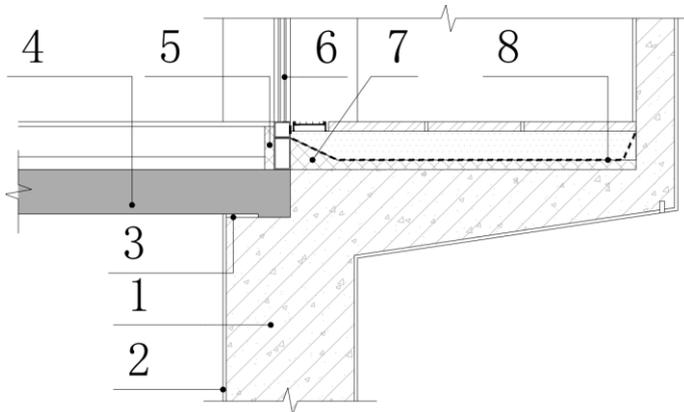
(a) 外窗平面图

(b) 外窗剖面图

1-配筋轻骨料混凝土外墙 2-抹面层或清水混凝土保护剂 3-20mm-30mm 厚窗内侧保温层 4-室内窗套 5-断桥铝 Low-E 玻璃外窗（上悬） 6-金属压顶 7-滴水线

图 6.3.3 高热阻轻骨料混凝土外墙中的外窗节点

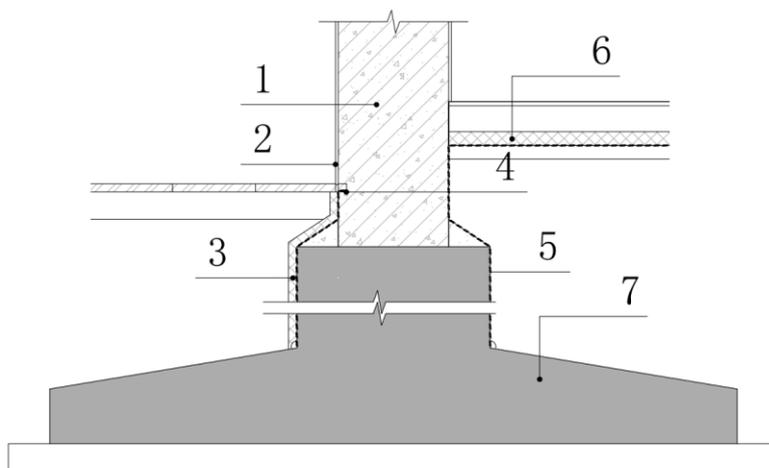
6.3.4 与高热阻承重混凝土外墙结合的悬挑阳台宜与外墙采用相同的轻骨料混凝土材料并与墙体现浇为一体化结构。阳台楼面应设置防水层及相关排水设施（图 6.3.4）。



1-配筋轻骨料混凝土外墙与悬挑阳台 2-抹面层或清水混凝土保护剂 3-发泡橡胶垫 4-普通混凝土结构楼板 5-边缘保温层 6-断桥铝 Low-E 玻璃落地窗 7-保温层 8-防水层

图 6.3.4 悬挑阳台节点

6.3.5 高热阻轻骨料混凝土外墙的地下部分与基础周边应采取有效防水、疏水措施（图 6.3.5），避免地下水因毛细作用沿墙体内部升高至地面以上，对室内热环境舒适性产生不良的影响。



1-配筋轻骨料混凝土外墙 2-抹面层或清水混凝土保护剂 3-卷材防水层外贴挤塑聚苯板保温层 4-防水收头 5-室内侧防潮层 6-周边地面附加保温层（下设防潮层） 7-普通钢筋混凝土结构基础

**图 6.3.5 高热阻轻骨料混凝土外墙与地面交接及基础部分构造**

## 7 结构设计

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 高热阻承重混凝土外墙承载能力极限状态计算及正常使用极限状态的要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 中剪力墙的有关规定。

### 7.2 承重外墙结构设计

**7.2.1** 高热阻承重混凝土外墙正截面承载力验算时，应按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 以及《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 中承载力相关公式进行验算。

**7.2.2** 高热阻承重混凝土外墙的受剪截面应符合下式条件：

$$V \leq 0.21f_c b h_0 \quad (7.2.2)$$

式中:  $V$ ——剪力设计值 (N);

$b$ ——墙的厚度 (mm);

$h_0$ ——截面的有效高度 (mm)。

**7.2.3** 高热阻轻骨料混凝土外墙在偏心受压时的斜截面受剪承载力应符合下式规定:

$$V \leq \frac{1}{\lambda - 0.5} \left( 0.43f_t b h_0 + 0.11N \frac{A_w}{A} \right) + f_{yv} \frac{A_{sh}}{s_v} h_0 \quad (7.2.3)$$

式中:  $N$ ——与剪力设计值  $V$  相应的轴向压力设计值 (N), 当  $N$  大于  $0.2f_c b h$  时,

取  $0.2f_c b h$ ;

$A$ ——剪力墙的截面面积 ( $\text{mm}^2$ ), 其中, 翼缘的有效面积应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的翼缘计算宽度确定;

$A_w$  ——T 形、I 形截面剪力墙腹板的截面面积( $\text{mm}^2$ ), 对矩形截面剪力墙, 取

$A_w = A$ ;

$A_{sh}$  ——配置在同一水平截面内的水平分布钢筋的全部截面面积 ( $\text{mm}^2$ );

$s_v$ ——水平分布钢筋的竖向间距 (mm);

$\lambda$  ——计算截面的剪跨比,  $\lambda$  为  $M/(Vh_0)$ ; 当  $\lambda$  小于 1.5 时, 取为 1.5, 当  $\lambda$  大于 2.2 时, 取为 2.2; 此处,  $M$  为与剪力设计值  $V$  相应的弯矩设计值; 当计算截面与墙底之间的距离小于  $h_0/2$  时,  $\lambda$  应按距墙底  $h_0/2$  处的弯矩值与剪力值计算。

当剪力设计值  $V$  不大于本标准公式 (7.2.2) 中右边第一项时, 水平分布钢筋应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的构造要求配置。

**7.2.4** 高热阻轻骨料混凝土外墙在偏心受拉时的斜截面受剪承载力应符合下式规定, 且公式 (7.2.4) 右边的计算值小于  $f_{yv} \frac{A_{sh}}{s_v} h_0$  时, 取等于  $f_{yv} \frac{A_{sh}}{s_v} h_0$  :

$$V \leq \frac{1}{\lambda - 0.5} \left( 0.43 f_t b h_0 - 0.11 N \frac{A_w}{A} \right) + f_{yv} \frac{A_{sh}}{s_v} h_0 \quad (7.2.4)$$

式中 :  $N$  ——与剪力设计值  $V$  相应的轴向拉力设计值(N);

$\lambda$  ——计算截面的剪跨比, 按本标准第 7.2.3 条取用。

**7.2.5** 高热阻轻骨料混凝土外墙中的洞口连梁, 其受剪截面应符合下列条件:

- 1 当  $hw/b \leq 4$  时, 应按公式 (7.2.5-1) 验算。
- 2 当  $hw/b \geq 6$  时, 应按公式 (7.2.5-2) 验算。
- 3 当  $4 < hw/b < 6$  时, 应按线性内插法确定。

$$V \leq 0.21 f_c b h_0 \quad (7.2.5-1)$$

$$V \leq 0.17 f_c b h_0 \quad (7.2.5-2)$$

式中 :  $V$  ——构件斜截面上的最大剪力设计值 (N);

$f_c$  ——轻骨料混凝土轴心抗压强度设计值 ( $N/mm^2$ )

$b$  ——矩形截面宽度或 T 形截面、I 形截面的腹板宽度(mm);

$h_0$  ——截面的有效高度 (mm);

$hw$  ——截面的腹板高度 (mm), 对矩形截面, 取有效高度; 对 T 形截面, 取有效高度减去翼缘高度; 对 I 形截面, 取腹板净高。

其斜截面受剪承载力宜符合下式规定:

$$V \leq 0.6 f_t b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (7.2.5-3)$$

## 7.3 承重外墙抗震设计

**7.3.1** 考虑地震作用组合的高热阻承重混凝土外墙，其正截面抗震承载力应按《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 中正截面承载力的规定计算，但应在相关承载力计算公式右端除以相应的承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$ ， $\gamma_{RE}$  应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定取值。

**7.3.2** 高热阻承重混凝土外墙的厚度、在重力荷载代表值作用下的墙肢轴压比限制，应按《建筑抗震设计规范》GB50011 确定取值。

**7.3.3** 考虑地震作用组合的高热阻承重混凝土外墙的受剪截面应符合下列规定：

1 当剪跨比  $\lambda$  大于 2.5 时，应按下式验算：

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.17 f_c b h_0) \quad (7.3.3-1)$$

2 当剪跨比  $\lambda$  不大于 2.5 时，应按下式验算：

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.13 f_c b h_0) \quad (7.3.3-2)$$

式中： $V_w$ ——剪力墙的剪力设计值 (N)，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算。

**7.3.4** 考虑地震作用组合的高热阻承重混凝土外墙在偏心受压时的斜截面抗震受剪承载力，应符合下式规定：

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[ \frac{1}{\lambda - 0.5} \left( 0.34 f_t b h_0 + 0.09 N \frac{A_w}{A} \right) + 0.8 f_{yv} \frac{A_{sv} h_0}{s} \right] \quad (7.3.4-1)$$

$$\lambda = M/Vh_0 \quad (7.3.4-2)$$

式中： $N$ ——考虑地震作用组合的剪力墙轴向压力设计值中的较小值 (N)；当  $N$  大于  $0.2 f_c b h$  时， $N$  取  $0.2 f_c b h$ ；

$\lambda$ ——计算截面处的剪跨比，当  $\lambda$  小于 1.5 时， $\lambda$  取 1.5，当  $\lambda$  大于 2.2 时， $\lambda$  取 2.2；此处， $M$  为与剪力设计值  $V$  对应的弯矩设计值；当计算截面与墙底之间的距离小于  $h_0/2$  时， $\lambda$  应按距墙底  $h_0/2$  处的弯矩设计值与剪力设计值计算。

**7.3.5** 高热阻承重混凝土外墙在偏心受拉时的斜截面抗震受剪承载力，应符合下式规定，当下式右边方括号内的计算值小于  $0.8 f_{yv} \frac{A_{sv} h_0}{s}$  时，取等于

$$0.8f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0。$$

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[ \frac{1}{\lambda - 0.5} \left( 0.34f_t b h_0 - 0.09N \frac{A_w}{A} \right) + 0.8f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \right] \quad (7.3.5)$$

式中： $N$ ——考虑地震作用组合的剪力墙轴向拉力设计值中的较大值（ $N$ ）；

$\lambda$ ——计算截面处的剪跨比，按本标准第 7.2.3 条取用。

**7.3.6** 高热阻承重混凝土外墙洞口连梁的承载力应符合下列规定：

1 连梁的正截面抗震受弯承载力应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算

2 连梁的受剪截面应符合下列规定：

1) 跨高比  $L_n/h$  大于 2.5 时

$$V_{wb} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.17f_c b h_0) \quad (7.3.6-1)$$

2) 跨高比  $L_n/h$  不大于 2.5 时

$$V_{wb} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.13f_c b h_0) \quad (7.3.6-2)$$

3 连梁的斜截面抗震受剪承载力应符合下列规定：

1) 跨高比  $L_n/h$  大于 2.5 时

$$V_{wb} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left( 0.36f_t b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \right) \quad (7.3.6-3)$$

2) 跨高比  $L_n/h$  不大于 2.5 时

$$V_{wb} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left( 0.32f_t b h_0 + 0.9f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \right) \quad (7.3.6-4)$$

式中： $L_n$ ——连梁的净跨（ $mm$ ）；

$V_{wb}$ ——连梁的剪力设计值（ $N$ ），应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 对框架梁的规定计算。

4 对一、二级抗震等级各类结构中的剪力墙连梁，当跨高比  $L_n/h$  不大于 2.0 且连梁截面宽度不小于 200 $mm$  时，除普通箍筋外，宜另设斜向交叉构造钢筋。

**7.3.7** 剪力墙端部设置的约束边缘构件的构造措施应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。当轻骨料混凝土强度等级为 LC55、LC60 时，一、二级抗震等级的剪力墙约束边缘构件配箍特征值  $\lambda_v$  应按现行国家标准

《混凝土结构设计规范》GB 50010 所规定数值增加 0.02 。

## 7.4 非承重外墙结构设计

**7.4.1** 高热阻非承重混凝土外墙除应满足稳定要求外，尚应考虑水平风荷载及地震作用的影响。地震作用可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 中非结构构件的规定验算。

**7.4.2** 高热阻非承重混凝土外墙与主体结构应有可靠拉结。

## 7.5 构造规定与连接设计

**7.5.1** 构件中钢筋的混凝土保护层厚度(最外层钢筋外边缘至混凝土表面的距离)与普通混凝土相同。

**7.5.2** 当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时，高热阻轻骨料混凝土外墙受拉钢筋的基本锚固长度 $l_{ab}$ 应按普通混凝土的受拉钢筋基本锚固长度计算;轻骨料混凝土结构构件受拉钢筋的锚固长度 $l_a$ 应按普通混凝土受拉钢筋的锚固长度乘以增大系数计算;对砂轻混凝土应取1.15，对全轻混凝土应取1.3。计算受拉钢筋基本锚固长度时，当轻骨料混凝土强度等级高于LC40时，轻骨料混凝土轴心抗拉强度设计值按LC40取值。乘以增大系数后的受拉钢筋锚固长度不应小于300mm。

**7.5.3** 当计算中充分利用纵向钢筋的抗压强度时，其锚固长度不应小于本标准第7.5.2条规定的受拉锚固长度的0.7倍。受压钢筋不应采用末端弯钩和一侧贴焊锚筋的锚固措施。受压钢筋锚固长度范围内的横向构造钢筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定 。

**7.5.4** 高热阻轻骨料混凝土外墙中的纵向受力钢筋绑扎搭接接头的搭接长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定，且纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度不应小于350mm，纵向受压钢筋搭接接头的搭接长度不应小于250mm。

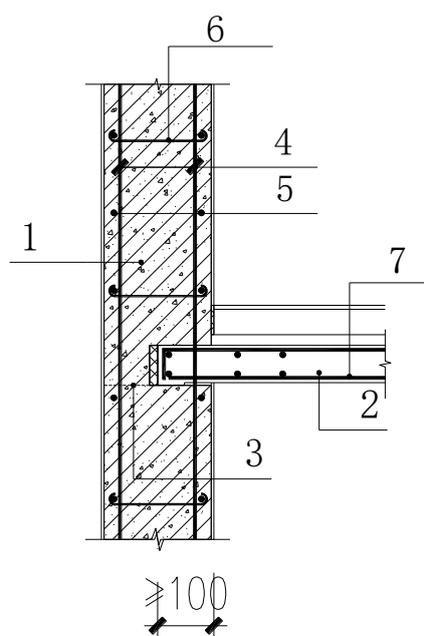
**7.5.5** 高热阻承重混凝土外墙中纵向受力钢筋的最小配筋率应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定执行;当轻骨料混凝土强度等级为 LC50 及以上时，受压构件全部纵向钢筋最小配筋率应增大 0.1 % 。

**7.5.6** 高热阻承重混凝土外墙配筋构造应符合国家标准《混凝土结构设计规范》

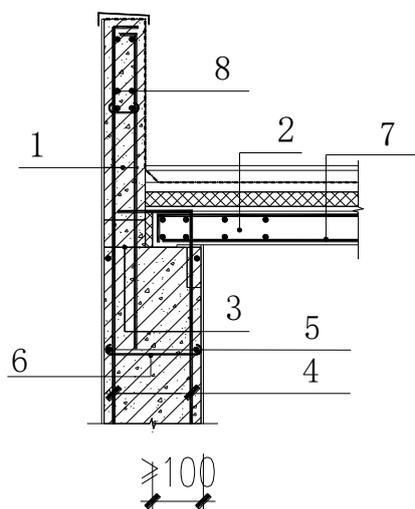
GB50010 的有关规定。

7.5.7 高热阻非承重外墙配筋不小于  $\phi 6@400$  双层双向拉结钢筋与周边主体结构连接。

7.5.8 高热阻承重混凝土外墙与楼板、屋面板的连接构造，宜采用简支连接方式（图 7.5.8 (a) - (b)）。



(a) 承重外墙与结构楼板连接构造

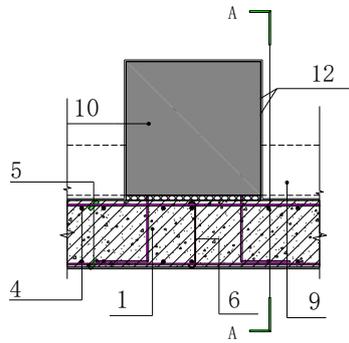


(b) 承重外墙与屋面结构板连接构造

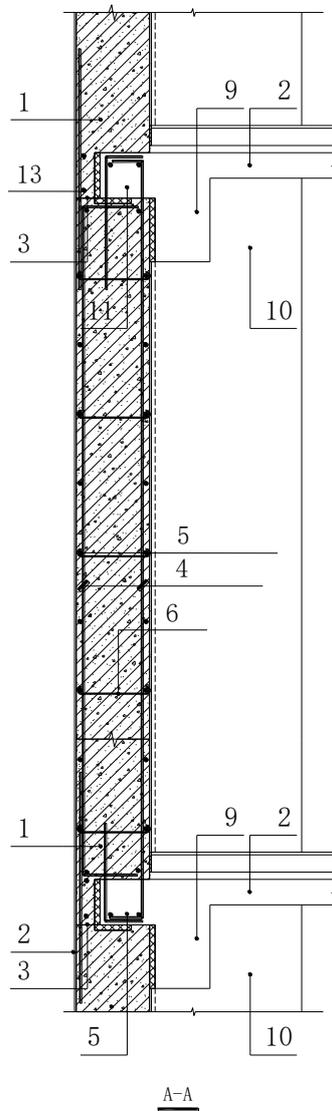
1-配筋轻骨料混凝土外墙 2-普通混凝土结构板 3-外墙现浇混凝土施工缝 4-外墙纵筋 5-外墙水平筋 6-外墙拉筋 7-结构板钢筋 8-女儿墙钢筋 9-主体结构梁 10-结构柱 11-主体结构挑耳板 12-墙体拉结钢筋 13-外墙附加钢筋

图 7.5.8 高热阻承重混凝土外墙与楼板、屋面板连接节点示意

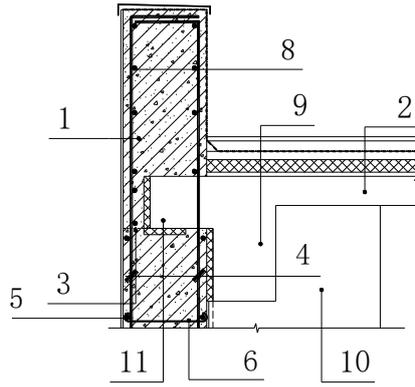
7.5.9 高热阻非承重混凝土外墙应与主体结构连接牢固，保证使用中的安全可靠  
 (图 7.5.9 (c) - (e) )。



(c) 非承重外墙与主体结构楼板连接—平面



(d) 非承重外墙与主体结构楼板连接—剖面

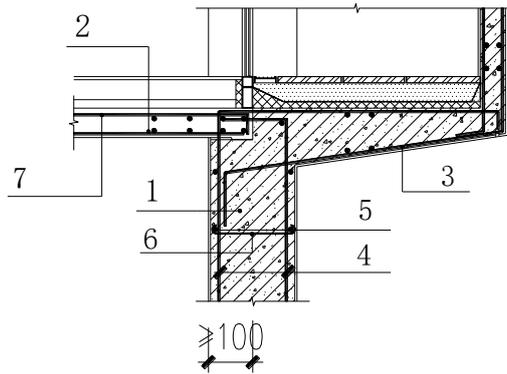


(e) 非承重外墙与主体结构屋面板连接

1-配筋轻骨料混凝土外墙 2-普通混凝土结构板 3-外墙现浇混凝土施工缝 4-外墙纵筋 5-外墙水平筋 6-外墙拉筋 7-结构板钢筋 8-女儿墙钢筋 9-主体结构梁 10-结构柱 11-主体结构挑耳板 12-墙体拉结钢筋 13-外墙附加钢筋

图 7.5.9 高热阻非承重混凝土外墙与楼板、屋面结构板连接节点示意

7.5.10 与高热阻承重混凝土外墙结合的悬挑阳台宜与外墙采用相同的轻骨料混凝土材料，并与墙体现浇为一体结构（图 7.5.10）。



1-配筋轻骨料混凝土外墙与悬挑阳台 2-普通混凝土结构板 3-悬挑阳台钢筋 4-外墙纵筋 5-外墙水平筋 6-外墙拉筋 7-结构板钢筋

图 7.5.10 悬挑阳台节点

## 8 施工技术

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 建筑工程高热阻轻骨料混凝土施工应根据所处地区环境、保温要求确定相应的参数指标，并进行全过程质量控制，为保证保温隔热性能的稳定性和耐久性，混凝土应保持材料和施工工艺的一致性。

**8.1.2** 处于潮湿环境或干湿交替环境的混凝土应选用非碱活性骨料。

**8.1.3** 高热阻轻骨料混凝土所采取的防渗漏、防污染等措施时不得影响其保温隔热效果。

**8.1.4** 为保证高热阻轻骨料混凝土稳定的保温隔热性能，需严格控制混凝土拌合物的均质性，混凝土在生产制备、浇筑振捣环节，轻质骨料不得出现上浮、分层等现象，应有相应控制措施。

**8.1.5** 模板体系材料应具备足够的强度、刚度要求。

**8.1.6** 当高热阻轻骨料混凝土应用在清水混凝土结构工程中时，需根据清水混凝土相关工艺标准执行。

### 8.2 施工准备

**8.2.1** 在高热阻轻骨料混凝土施工前，应根据项目结构情况及施工环境选择合适的混凝土材料，确保混凝土拌合物的稳定性。

**8.2.2** 施工前应熟悉设计图纸等相关资料，并应根据墙体截面尺寸、浇筑高度及各施工工序来确定浇筑及振捣方式。

**8.2.3** 应根据高热阻混凝土设计要求和已确定的施工工艺，编制高热阻轻骨料混凝土工程专项施工方案，经审批后方可用于指导施工。

**8.2.4** 应进行施工技术交底，明确混凝土工程各项施工工序自检、专检和交接检制度。

**8.2.5** 模板体系材料应符合下列规定：

**1** 材质选择时应满足设计对高热阻轻骨料混凝土隔热性能要求，且加工性能好；模板面板材料可采用覆膜胶合板、钢板、铝合金板、塑料板、玻璃纤维增强材料等；

- 2 全钢大模板体系钢材材质不宜低于 Q235, 对于不同使用条件的受力构件, 所选用的材质可由设计确定; 宜采用 $\geq 5\text{mm}$  厚钢板做面板, 表面平整、光滑、清洁;
- 3 模板背楞材料可采用金属型材、木梁、钢木组合梁等材料, 应符合下列规定: 金属背楞拼装式木模板体系背楞材料应选用通长的金属型材, 材质不宜低于 Q235;
- 4 钢框胶合板模板体系的钢框宜采用热轧型钢, 材质不宜低于 Q235; 模板的中间肋根据模板的大小宜选用  $40\text{mm}\times 60\text{mm}\times 3\text{mm}$  的焊接方管或  $43\text{mm}\times 3\text{mm}$  扁钢焊接在模板边框上;
- 5 模板支撑材料应满足整体稳定性要求, 可采用钢管脚手架、盘扣脚手架、型钢等材料;
- 6 模板配件应满足模板体系的连接加固要求, 可采用模板夹具、型材吊具、钩头螺栓、对拉螺栓、连接件等金属材料;
- 7 对拉螺栓套管及堵头可选用塑料、橡胶等材料;
- 8 当应用在清水混凝土中时, 模板需满足清水混凝土装饰效果需求。

#### 8.2.6 钢筋材料应符合下列规定:

- 1 钢筋绑扎材料宜选用 20#~22# 绑扎钢丝;
- 2 钢筋保护层垫块应有足够的强度、刚度, 当应用在清水混凝土工程中时, 垫块颜色应与清水混凝土的颜色接近, 宜选用清水混凝土塑料垫块;
- 3 钢筋应表面清洁、无明显锈蚀和污染。

8.2.7 当高热阻轻骨料混凝土应用在清水混凝土建筑中时, 清水混凝土保护剂的选用应考虑工程的类别、所处的环境、涂装后的美学效果等因素, 具有防污性、耐候性等功能, 宜使用硅树脂类和氟碳树脂类保护剂。

8.2.8 保护剂产品应符合现行国家标准《合成树脂乳液外墙涂料》GB/T 9755 标准优等品要求。

8.2.9 当应用在清水混凝土工程中时, 需单独针对项目情况进行样板确认工作, 在施工前确定保温性能及清水混凝土效果。

## 8.3 模板工程

8.3.1 模板体系可根据高热阻轻骨料混凝土构件和设计效果的要求进行分析后

选择使用。

**8.3.2** 模板体系的设计应满足构件施工要求，应经各参建单位共同确认后方可实施。

**8.3.3** 同一工程中同类效果要求的构件宜采用同种模板。

**8.3.4** 应根据混凝土的成型质量、施工流水段的划分等要求，模板类型确定可按表 8.3.4 选择。

**表 8.3.4 建议选择的模板类型**

混凝土类型 \ 模板类型	金属背楞 拼装式木 模板	艺术造型 模板	金属框 胶合板 模板	木梁 胶合板 模板	全钢 大模板	不锈钢 模板	铝合金 模板
普通混凝土	○	-	○	●	○	-	○
饰面清水混凝土	●	○	○	○	○	○	-
装饰清水混凝土	●	○	○	-	-	-	-
艺术清水混凝土	-	●	-	-	○	-	-

注：“●”表示宜使用；“○”表示可使用；

**8.3.5** 模板体系应根据建筑结构特征，承重、非承重结构进行设计，应包括下列主要内容：

- 1 模板深化设计说明；
- 2 施工流水段划分和混凝土浇筑顺序设计，模板分块设计、主次背楞设计、模板下料图设计、对拉螺栓孔眼设计；
- 3 模板节点构造设计详图；
- 4 预留预埋、劲性钢结构等相关内容的深化设计；
- 5 模板的设计计算及支撑体系设计计算。

**8.3.6** 模板设计应符合下列规定：

- 1 模板深化设计前应熟悉各项图纸的节点做法。
- 2 在起重荷载允许的范围内，模板的分块宜通用化、模数化、整体化和定型化，宜减少拼缝；

当应用在清水混凝土工程中时，尚应符合以下规定：

- 3 对拉螺栓孔眼的排布应达到规律性和对称性的装饰效果；孔眼距门窗洞口的距离宜大于 150mm；

- 4 门窗口处宜设置拼缝，当拼缝在整个墙面呈对称设置时，墙面模板分块宜以轴线或窗口中心线为对称中心线，均匀对称布置；
- 5 对装饰清水混凝土的衬模分割应保证装饰图案的连续性 & 施工的可操作性；
- 6 艺术造型模板衬模拼缝宜流畅，并符合设计要求；
- 7 模板拼缝应按设计要求留置，并应绘制排版图。当设计无具体要求时，清水混凝土模板拼缝宜遵循表 8.3.6 要求。

**表 8.3.6 模板拼缝规则**

部位 \ 要求	横向拼缝	竖向拼缝
柱	同一楼层拼缝印迹的高度应一致	不宜出现竖向拼缝，无法避免时，竖向拼缝居中或对称布置； 圆柱模板的两道竖向拼缝宜设于轴线位置，群柱的拼缝方向一致
梁	梁底横向拼缝与梁侧竖向拼缝宜闭合，同一楼层接缝位置应一致	
板	允许出现拼缝，同一楼层纵横向拼缝应连贯，纵横排列宜均匀、对称	
剪力墙	允许出现拼缝，同一面墙（每层相邻两轴线间或柱间为一面墙）的横向拼缝应连贯，纵向拼缝应对称；大钢模板宜竖向布置，一般不设横缝	

**8.3.7 对拉螺栓应符合下列规定：**

- 1 对拉螺栓的最小截面应满足承载力要求，同一工程宜采用同一规格螺栓；
- 2 有自防水（或抗渗）要求和用于人防工程的混凝土构件应采用带止水环的组装式对拉螺栓，锥形堵头与模板贴合处设置弹性垫圈；
- 3 非自防水混凝土构件宜采用组装式对拉螺栓或直通式对拉螺栓，直通式对拉螺栓在构件截面内的螺栓应加塑料套管，两端附加锥形塑料堵头和弹性垫圈。

**8.3.8 金属背楞拼装式木模板体系应符合下列规定：**

- 1 阴角模板可采用坡口连接，模板背面宜使用角铁或金属连接件将两侧模板连接为整体；阳角模板宜采用端头搭接，次背楞需贴合模板端头拼缝两侧，主背楞宜采用 45° 斜拉方式进行加固；
- 2 丁字墙外侧模板宜延长到另一开间，且对拉螺栓不宜设置在隔墙截面范围内，门窗两侧应采用墙体端部加固方式，窗台模板应预留排气口；门窗内侧可预留企口、滴水线；
- 3 上层墙体模板支设，应跨过施工缝与下层墙体表面贴合，并利用下层墙体最上部螺栓作为支撑。

**8.3.9 模板体系应符合下列规定：**

- 1 阳角宜采用两块大模板直接拼接，在角部增加对拉螺栓拉接；模板接缝部位宜采用定型双钩连接器和专用螺栓交错连接，也可采用阳角模的连接形式；
- 2 阴角设置应采用阴角模板，阴角模与大模板之间应留有 1mm 的间隙，阴角模应比大模板高出 100mm-150mm，阴角模上部宜设置防撬管；阴角模板与大模板之间可通过专用连接螺栓和多道阴角压槽，再用勾头螺栓紧固；
- 3 模板应按照深化设计进行加工制作及编号，控制加工精度，模板表面应平整、方正，拼缝应严密。
- 4 钢模板加工，应采用铣边工艺，面板宜经抛光处理。对已经抛光处理的钢模板表面，应及时涂刷脱模剂。
- 5 木模板加工时，背楞之间、背楞与模板之间、相邻模板之间的接触面应刨平直。
- 6 模板在安装前宜先进行预拼装，并应对其模板平整度、阴阳角、相邻模板拼缝高低差及对拉螺栓的安装进行校核，模板组拼允许偏差应符合表 8.3.9-1 的规定。

**表 8.3.9-1 拼装式模板组拼允许偏差**

项次	项目	允许偏差 (mm)		检验方法
		饰面清水混凝土	普通清水混凝土	
1	模板高度	+1、-2	+2、-3	卷尺量
2	模板宽度	1	2	卷尺量
3	模板板面对角线差	≤2	≤2	卷尺量
4	模板平整度	2	2	2m 靠尺及塞尺量
5	相邻模板拼缝高低差	0.5	0.8	平尺及塞尺量
6	相邻模板拼缝间隙	0.5	0.8	塞尺量

注：装饰、艺术清水混凝土允许偏差按设计要求执行。

- 7 模板面板间拼缝应严密、平整且无错台，加工的整体式模板进场时，应按表 8.3.9-2 的规定对模板尺寸、方正、拼缝、企口和板面平整度等进行验收，也应对模板及配件数量进行检查。

**表 8.3.9-2 整体式模板加工允许偏差**

项次	项目	允许偏差 (mm)	检验方法
----	----	-----------	------

		饰面清水混凝土	普通清水混凝土	
1	模板高度	±2	±2	卷尺量
2	模板宽度	±1	±1	卷尺量
3	模板板面对角线差	≤2	≤3	卷尺量
4	模板平整度	2	3	2m 靠尺及塞尺量
5	边肋平直度	2	2	2m 靠尺及塞尺量
6	相邻面板拼缝高低差	0.5	0.8	平尺及塞尺量
7	相邻面板拼缝间隙	0.5	0.8	塞尺量
8	连接孔中心距	±1	±1	游标卡尺量
9	孔中心与板面间距	±0.5	±0.5	游标卡尺量

注：装饰、艺术清水混凝土允许偏差按设计要求执行。

### 8.3.10 模板脱模剂应符合以下规定：

- 1 脱模剂应符合现行行业标准《混凝土制品用脱模剂》JC/T 949 的相关规定。不应与混凝土发生反应，不影响混凝土着色，可形成均匀厚度的附着层。宜选用水性脱模剂。
- 2 脱模剂施工前应对模板表面质量进行检查，应在确认表面质量符合要求后开始喷涂或刷涂脱模剂，涂层应薄而均匀，无漏刷。
- 3 脱模剂应易于脱模、便于操作和清理，脱模后效果应满足混凝土表面质量要求，且不得污染和锈蚀模板。脱模剂应根据模板的种类、设计要求的混凝土表面效果和现场施工条件选用，相同构件宜选用同种脱模剂。

### 8.3.11 模板尺寸偏差检查要求：

- 1 模板进入施工现场验收合格后，方可按照编号位置进行模板安装。
- 2 模板安装前，应对结构预留预埋件的尺寸、位置进行校核，模板之间应采用柔性材料密封。
- 3 次背楞中心间距不宜大于 200mm，主背楞间距不宜大于 600mm。
- 4 模板安装完毕后应及时清理模板内杂物。
- 5 模板安装的允许偏差应符合表 8.3.11 的规定。

表 8.3.11 模板安装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验方法
----	-----------	------

		普通 清水 混凝土	饰面 清水 混凝土	装饰 清水 混凝土	艺术 清水 混凝土	
轴线位移	墙	4	3	4	4	尺量
截面模内尺寸	墙	0、-4	0、-3	0、-4	0、-4	尺量
底模上表面标高		±5	±3	±5	±3	水准仪或拉线检查
相邻两模板高低差		2	2	-	-	2m 靠尺、楔形塞尺量
层高垂直度	≤6m	6	3	-	-	2m 托线板
	>6m	8	5	-	-	
表面平整度		3	2	-	-	2m 内上口拉直线尺量，下口按模板定位线为基准检查。
阴阳角	方正	3	2	3	-	方尺、楔形塞尺量
	角线顺直	3	2	3	-	5m 线尺量
预留孔洞	中心线位移	8	6	8	8	拉线、尺量
	内孔洞尺寸	+8, 0	+4, 0	+6, 0	-	拉线、尺量
预埋件、预埋管、螺栓	中心线位移	3	2	3	2	拉线、尺量
	螺栓外露长度	+5, 0	+5, 0	+5, 0	+5, 0	拉线、尺量
门窗洞口	中心线位移 (长宽对中线)	3	2	2	-	拉线、尺量
	宽、高	±6	±4	±6	-	拉线、尺量
	对角线	8	6	8	-	拉线、尺量

**8.3.12** 模板的拆除，除应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和行业标准《建筑工程大模板技术标准》JGJ 74 的规定外，还应符合下列规定：

- 1 应适当延长拆模时间，不应损伤混凝土成品；模板拆除后应及时清理，对表面缺陷应进行修复，不得影响隔热性能。
- 2 模板的拆除顺序应按模板设计要求进行，各紧固件应依次拆除，应使用垫板将模板撬离混凝土，并应对对拉螺栓孔眼及假眼进行保护；应在确认模板与混凝土

土结构之间无任何连接后，方可拆除模板，且不得碰撞混凝土成品。

## 8.4 钢筋工程

**8.4.1** 钢筋深化设计应根据构件的几何尺寸与构件内包材料的截面尺寸，对构件内钢筋进行排布或调整，并设计各构件钢筋相互穿插或与型钢连接的构造措施，使梁、柱以及其他构件钢筋穿插位置满足设计要求。

1 钢筋与型钢的连接可采用钢筋绕过型钢、钢筋伸至型钢边弯锚、钢筋穿过型钢腹板、钢筋与型钢通过连接板焊接连接、钢筋与型钢通过钢筋连接器连接等方式，深化设计时应根据设计要求及工程实际情况选用。

2 对拉螺栓与钢筋位置冲突时，可对钢筋位置进行微调。

**8.4.2** 钢筋加工应符合下列规定：

1 钢筋应表面清洁、无明显锈蚀和污染。

2 应根据钢筋叠放位置和穿插施工及占位避让关系的需要确定加工尺寸，通长钢筋应满足端头弯钩方向控制的需要。

3 钢筋下料及成型的首件产品必须经自检确认无误后，方可继续生产。

4 清水混凝土曲面造型中的钢筋可在符合要求的胎模上加工成型制作成钢筋骨架，再运至现场整体吊装。

**8.4.3** 钢筋安装时，钢筋级别、规格、直径、形状、尺寸、位置、排距、根数、锚固长度、节点构造、绑扎搭接接头和保护层厚度应符合设计要求，钢筋安装后应及时进行验收及校正。

1 绑扎钢筋前，宜先在板面弹出对拉螺栓孔眼的位置，遇到对拉螺栓与钢筋位置冲突时，可在设计允许范围内调整钢筋位置。钢筋绑扎过程中，遇雨雪天气，应及时对钢筋进行覆盖，雨雪天气过后应对钢筋进行清理。

2 钢筋在模板中的位置和保护层厚度应符合设计要求，保护层垫块应呈梅花形放置。对于处于露天环境的清水混凝土结构，其最外侧钢筋的混凝土保护层的最小厚度应符合表 8.4.3-1 的规定。

表 8.4.3-1 高热阻轻骨料混凝土结构最外侧钢筋的保护层最小厚度 (mm)

环境类别	墙、壳
—	15
二 a	20

二 b	25
三 a	30
三 b	40

注：混凝土强度等级不大于 C25 时，表中保护层厚度数值应增加 5mm；

3 钢筋混凝土基础宜设置混凝土垫层，基础中钢筋的混凝土保护层厚度应从垫层顶面算起，且不应小于 40mm。

4 当墙体中纵向受力钢筋的保护层厚度大于 50mm 时，宜对保护层采取有效的构造措施。当保护层内配置防裂、防剥落的钢筋网片时，网片钢筋的保护层厚度不宜小于 25mm。

5 竖向筋与水平筋交叉点均应绑扎，绑扎钢丝拧紧应不少于两圈，丝头均应朝向构件截面中心。钢丝绑扎钢丝绑完后应将钢丝尾端向里或侧边按倒。箍筋及墙体水平筋应避开直螺纹接头位置。

6 预埋件的埋设应准确、牢固；外露预埋件使用前宜进行热镀锌防锈处理。

7 电焊施工时，应采取避免焊渣灼伤模板和塑料波纹管的措施，焊点处焊渣应及时清理干净。

8 钢筋绑扎完成后，不应承受推、拉、碰、撞等外力作用，应有防雨水冲淋措施，钢筋、预埋件入模、安装过程中，不得碰伤、刮花模板面板。钢筋间距应保证振捣棒能顺利通过不挤伤模板，钢筋安装应采取防止钢筋受模板、模具内表面的脱模剂污染的措施，钢筋应错开对拉螺栓孔及堵头位置。

9 预应力筋或成孔管道应按设计要求的形状和位置安装。

10 钢筋安装允许偏差应符合表 8.4.3-2 的规定。

表 8.4.3-2 钢筋安装允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
绑扎骨架	长	±10	尺量
	宽、高	±5	尺量
受力钢筋	间距	±10	尺量
	排距	±5	
	弯起点位置	±15	
	墙、壳	±3	
箍筋、横向钢筋间距		±10	钢尺量连续三档，取最大值

## 8.5 混凝土工程

**8.5.1** 高热阻轻骨料混凝土的配合比设计除应满足普通混凝土的常规要求外,还应根据工程所处环境、抗碳化、抗冻害、抗盐害和抑制碱-骨料反应等对混凝土耐久性产生影响的因素进行配合比设计。

1 高热阻轻骨料混凝土原材料的计量允许偏差应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 中的要求,选用的搅拌机应符合现行国家标准《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌机》GB/T 9142 中的要求;原材料投料前搅拌机内应清洁,应采用同一料台搅拌,且拌合物的搅拌时间比普通混凝土宜延长 20s~30s;减水剂宜采用后掺法。

2 混凝土拌合物应均匀,无泌水现象,坍落度的 90min 经时损失值宜小于 30mm,混凝土拌合物运输到达现场后,用于浇筑柱体的混凝土入模坍落度宜为 160mm±20mm,用于浇筑墙、梁、板的混凝土入模坍落度宜为 180mm±20mm。

**8.5.2** 高热阻轻骨料混凝土浇筑施工应满足以下要求:

1 浇筑混凝土前应先清理模板内垃圾,且无积水,混凝土浇筑时,振捣的方法应按样板构件试验确定振捣的方法及工艺进行。

2 浇筑墙、柱混凝土前,应先在其根部浇筑厚度为 30-50mm 与清水混凝土相同配合比减粗骨料的砂浆,再浇筑混凝土。混凝土应分层浇筑,浇筑厚度不宜超过 400mm,混凝土倾落高度应控制在 3m 以内。

3 采用振捣棒进行振捣时,混凝土振点应从边缘开始向中间分布,且应布棒均匀,并应随浇筑连续进行,振捣过程中应避免撬振模板、钢筋,每一振点的振动时间,应以混凝土表面不再下沉,无气泡逸出为止,宜为 20s~30s,振捣过程中应避免过振,振捣棒与混凝土表面距离不宜小于 50mm,混凝土应连续浇筑,先后浇筑的间隔时间不得超过初凝时间,振捣棒应插入下层混凝土中 50mm~100mm。

4 门窗洞口的混凝土浇筑,应从洞口两侧对称下料、同时浇筑,宜避免窗模偏位或压力不均匀产生变形。

5 倾斜角度较大的竖向构件,应在钢筋网片上固定振捣金属网管,振捣棒可通过振捣金属网管伸入底部振捣。

6 当应用到特殊的彩色清水混凝土浇筑施工中时,宜先完成相邻非彩色混凝土

构件施工，并且应对相邻构件进行保护。

7 混凝土浇筑后及时进行养护，水平结构宜采用塑料薄膜覆盖养护，随龄期的增长可适时采用洒水养护；竖向结构宜采用喷淋养护或塑料薄膜覆盖保湿养护。对同一视觉范围内的混凝土宜施以相同的养护条件，混凝土养护时间应不少于14d。

8 各类保温保湿覆盖物，不应与混凝土粘连，且不掉色。

**8.5.3 施工缝的设置与施工应满足以下规定：**

1 高热阻轻骨料混凝土外墙施工缝位置除应符合设计要求外，当应用在清水混凝土工程中时，宜与蝉缝或明缝保持一致。

2 水平与竖向构件可分开浇筑；楼梯与墙柱附着时宜分开浇筑，楼梯受力筋可采用预埋方式；同一楼层非承重混凝土构件与承重混凝土构件宜分开施工。

3 竖向构件水平施工缝，宜设置在高于梁（板）底标高30mm处，墙面梁窝处预留尺寸不应大于梁截面尺寸。

4 设置竖向施工缝时，墙体浇筑的长度宜比施工缝位置每边宽出约30mm，后浇带及膨胀加强带宽度宜与两条明缝之间距离一致。

5 施工缝处可用无齿锯沿线切割，切割深度宜为10mm。切割完成后，水平施工缝应剔除软弱层，露出石子；竖向施工缝应剔除松散石子，露出密实混凝土；施工缝清理、冲洗干净后方可浇筑混凝土。

6 模板与结构实体接触处宜采用具有防漏浆作用的材料进行封闭。

7 模板安装前，可在模板相应位置固定明缝条。

## **8.6 成品保护**

**8.6.1 模板工程成品保护应遵循以下规定：**

1 模板裁切处及螺栓孔周围宜涂刷封边漆，模板应设置固定堆放场地，环境干燥且不受日光暴晒；场内应设有可靠的防水、防潮、防火及排水设施。大钢模板的堆放场地宜设置模板插放架。

2 铝合金模板贮存时，应有遮蔽措施，下部应垫有垫木。垫木间距要适当，避免模板变形或损伤。装卸模板时轻装轻卸，严禁抛掷，并防止碰撞，损坏模板。

3 对模板面板及衬模板面的保护，搬运、吊装应采取隔离防护措施，防止钢筋、脚手架等对模板面板造成的磕碰、划伤，吊装模板时应避免绳索等对模板边的损

坏。

4 浇筑混凝土时，应避免混凝土直接冲击模板，拆模后的模板应及时清灰、喷涂或涂刷脱模剂。

**8.6.2 钢筋工程成品保护应遵循以下规定：**

1 钢筋半成品应分类码放，标识清晰。露天堆放时应有防雨雪措施，预留插筋及墙体钢筋应有临时防雨雪措施。

2 当主筋采用直螺纹连接时，丝头应戴好保护帽。

3 浇筑混凝土前，应对竖向钢筋位置进行复核，浇筑时应安排专职人员现场看护。

4 部分地区混凝土易腐蚀生锈，宜增加阻锈剂。

**8.6.3 高热阻轻骨料混凝土工程成品保护应遵循以下规定：**

1 高热阻轻骨料混凝土的后续施工工序，不得损伤或污染前面工序所完成的混凝土成品；墙、柱水平施工缝处，每次混凝土浇筑完成后宜采取截水引流措施，保护已浇筑混凝土成品。

2 当脚手架、吊篮等与成品混凝土表面接触时，应使用垫板或柔性材料保护。

3 容易受冲击部位应借助螺栓孔固定胶合板硬质防护，有防火要求时应用镀锌铁皮固定。

4 墙柱阴阳角、门窗洞口、清水楼梯、清水板边易破损的部位，应安装硬质护角。

5 对已施工完的部位应使用塑料薄膜进行覆盖防污染保护，地面上 1.8m 高范围内应使用硬质材料包裹防磕碰保护，施工通道位置应避开清水混凝土构件。

6 严禁随意剔凿成品高热阻混凝土表面，若为清水混凝土墙体，表面不得弹墨线、涂画、标记等。

7 大型机械设备附墙杆件应避开高热阻轻骨料混凝土构件，尤其是非承重构件。

## **8.7 特殊防护要求**

**8.7.1** 当高热阻轻骨料混凝土应用在清水混凝土建筑外墙中时，其模板防护要求如下：

1 模板拆除后应及时清理表面污染物或印迹。

2 应根据防水、耐久性要求对对螺栓孔眼及假眼进行封堵处理。封堵应密实，

应符合设计要求。

- 3 混凝土表面的缺陷处理应符合设计要求，且与基底粘结牢固。
- 4 混凝土表面细粒污染物可采用细砂纸打磨清除，并应避免损伤混凝土表面光洁度。
- 5 混凝土表面着色处理应能实现自然、真实、均匀的混凝土质感。
- 6 彩色清水混凝土表面处理前应对处理材料进行颜色色差对比，处理用材料宜与原彩色清水混凝土颜色一致。

**8.7.2** 当高热阻轻骨料混凝土应用在清水混凝土建筑外墙中时，其保护剂施工要求如下：

- 1 保护剂应与混凝土表面有良好的粘结性，在露天环境下应有良好的耐老化性，且不得对混凝土有腐蚀性。
- 2 喷涂施工前，应将整个外露面清理干净，可采用清水冲洗或拧干湿毛巾擦洗，如遇油污应清洗干净，待干燥后方可进行喷涂施工。
- 3 保护剂施工应按照产品说明书的要求进行，保护剂应分层施工，各涂层应色泽均匀、平整光滑，无流坠、刷痕，保护剂施工时，混凝土应保持干燥。
- 4 保护剂施工完成后外观颜色应均匀一致，光泽均匀，光滑无挡手感，不允许出现泛碱、咬色、流坠、疙瘩、砂眼以及刷纹等。
- 5 保护剂施工完成后，应及时进行成品保护。

## **8.8 季节性施工**

**8.8.1** 高热阻轻骨料混凝土施工遇冬期、雨季、高温及大风天气时，应编制季节性施工方案，包括施工措施和注意事项等，应经审批后方可实施，并进行方案交底及安全技术交底。

**8.8.2** 施工环境条件发生变化时，应重新试配混凝土配合比。

**8.8.3** 冬期施工应符合下列规定：

- 1 不宜进行高热阻混凝土施工；
- 2 所用骨料应清洁，不得含有冰、雪、冻块及其他易冻物质，必要时应对拌和用水采取加温措施，提高混凝土拌合物温度；
- 3 所用外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定，且应进行试配，保证清水混凝土不产生明显色差；

4 混凝土入模温度不应低于 5℃。混凝土浇筑完成后，应及时进行保湿保温养护；低温条件下可采用塑料薄膜外覆盖防火棉毡，或蒸汽和保湿并用养护；

5 不宜进行保护剂施工。

#### 8.8.4 雨季施工应符合下列规定：

1 雨天不宜露天浇筑混凝土；大雨、暴雨天气不得露天浇筑混凝土。浇筑过程中突遇大雨天气时，应及时在结构合理部位留置施工缝，并应终止混凝土浇筑；对已浇筑还未硬化的混凝土应立即覆盖，严禁雨水直接冲刷新浇筑的混凝土；

2 雨天不应进行保护剂施工。

#### 8.8.5 高温施工应符合下列规定：

1 混凝土骨料堆场应采取遮阳、防晒等措施；

2 混凝土浇筑宜在早间或晚间进行，且连续浇筑。混凝土浇筑后，应及时保湿养护。

#### 8.8.6 大风天气施工应符合下列规定：

1 当大风天气施工时，在作业面应采取挡风措施，并应及时覆盖塑料薄膜和保温材料；

2 模板拆除时查看天气预报，超过五级风时不能吊运。

## 9 质量验收

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 高热阻轻骨料混凝土外墙的验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定。

**9.1.2** 高热阻轻骨料混凝土的轻粗骨料、轻细骨料的质量应符合《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 有关规定。

**9.1.3** 钢筋及焊接、机械连接等材料的进场验收应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

**9.1.4** 构件的外观质量应符合设计要求，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 中关于现浇混凝土的有关规定。

**9.1.5** 高热阻轻骨料混凝土的热工性能应符合设计要求。

**9.1.6** 可按楼层、结构缝或施工段等划分检验批，检验批验收合格应符合下列规定：

- 1 检验批应按主控项目和一般项目验收；
- 2 主控项目的质量经抽样检验均应合格；
- 3 一般项目的质量经抽样检验应合格，当采用计数抽样检验时，合格点率不应低于 80%，且不应有严重缺陷。

4 应具有完整的质量检验记录，重要工序应有完整的施工操作记录，隐蔽工程应有影像资料。

**9.1.7** 可按材料、施工工艺等划分分项工程，分项工程验收合格应符合下列规定：

- 1 所含检验批的质量均应验收合格；
- 2 所含检验批的质量验收记录应完整。

### 9.2 主控项目

**9.2.1** 检验批现浇高热阻轻骨料混凝土强度应符合设计要求，用于检验混凝土强度的试件应在浇筑地点随机抽取。

检查数量：每工作班且连续浇筑不超过 1000m<sup>3</sup> 时应制作一组标准养护试件，同一楼层应制作不少于一组标准养护试件；

检验方法：检查施工记录、混凝土强度试验报告及混凝土强度检验评定记录。

**9.2.2** 钢筋采用焊接连接时，其焊接质量应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 的有关规定。

检查数量：按现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 的规定确定。

检验方法：检查钢筋焊接施工记录及工艺试件的强度试验报告。

**9.2.3** 钢筋采用机械连接时，其接头质量应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ107 的有关规定。

检查数量：按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ107 的规定确定。

检验方法：检查钢筋机械连接施工记录及工艺试件的强度试验报告。

**9.2.4** 现浇高热阻轻骨料混凝土外墙不应有影响结构性能、使用功能的尺寸偏差及外观缺陷，对影响结构性能、使用功能的尺寸偏差及外观缺陷，应由施工单位提出技术处理方案，并经监理、设计单位认可后进行处理。对经处理的部位应重新验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：量测，检查处理记录。

### 9.3 一般项目

**9.3.1** 现浇高热阻轻骨料混凝土外墙的外观质量与检验方法应符合表 9.3.1 的规定。

检查数量：全数检查。

表 9.3.1 现浇高热阻轻骨料混凝土外墙外观质量及检验方法

项目	外观质量	检验方法
色差	(无明显色差)	距离墙面 4m 观察
蜂窝、麻面	不出现	距离墙面 4m 观察
气泡	单个气泡直径不大于 8mm，深度不大于 2mm，每平方米气泡累计面积不大于 20cm <sup>2</sup>	尺量
裂缝	宽度不大于 0.2mm (0.15mm)，长度不大于 1mm	尺量、裂缝显微镜

光洁度	无漏浆、流淌及冲刷痕迹，无油渍及锈痕，无粉化，	观察
对拉螺栓孔	排列整齐，孔洞封堵密实	观察
明缝	整齐、深浅一致，水平交圈	观察
蝉缝	横平竖直，水平交圈，竖向成线	观察

注：表中括号内的要求用于清水混凝土。

9.3.2 普通高热阻轻骨料混凝土外墙结构尺寸偏差及检验方法应符合表 9.3.2-1 的规定，有清水效果要求的高热阻轻骨料混凝土外墙结构尺寸偏差及检验方法应符合表 9.3.2-2 的规定。

检查数量：在同一检验批内，应抽查构件数量的 10%，且不应少于 3 件。

表 9.3.2-1 普通高热阻轻骨料混凝土外墙结构尺寸允许偏差及检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
轴线位移		8	尺量
截面尺寸		+10, -5	尺量
标高	层高	±10	水准仪、尺量
	全高	±30	
垂直度	层高	10	经纬仪或吊线、尺量
	全高 H	H/30000+20	经纬仪、尺量
阴阳角	方正	4	角尺、塞尺
	顺直	4	拉线、尺量
预留洞口	中心线位移	10	尺量
	洞口尺寸	+8, 0	尺量
	洞口对角线	4	尺量
预埋设施 中心线位置	预埋件	10	尺量
	预埋螺栓	5	尺量
	预埋管	5	尺量
表面平整度		8	靠尺、塞尺
角线顺直		3	拉线、尺量
明缝直线度		5	拉线、尺量

表 9.3.2-2 清水高热阻轻骨料混凝土外墙结构尺寸允许偏差及检验方法

项目	允许偏差 (mm)				检验方法
	普通清水 混凝土	饰面清水 混凝土	装饰清水 混凝土	艺术清 水 混凝土	
轴线位移	6	5	5	5	尺量
截面尺寸	±5	±3	±3	±3	尺量

标高	层高	±8	±5	±5	±5	水准仪、尺量
	全高	±30	±30	±30	±30	
垂直度	层高	8	5	5	5	经纬仪或吊线、尺量
	全高 H	H/1000, 且≤30	H/1000, 且≤30	H/1000, 且≤30	-	经纬仪、尺量
阴阳角	方正	4	3	4	3	角尺、塞尺
	顺直	4	3	4	3	拉线、尺量
蝉缝	错台	3	2	2	1	靠尺、塞尺
	交圈	5	5	3	3	尺量
预留洞口	中心线位移	10	8	8	8	尺量
	洞口尺寸	+8,0	+5,0	+8,0	+8,0	尺量
	洞口对角线	4	2	2	2	尺量
预埋设施 中心线位 置	预埋件	3	2	3	2	尺量
	预埋螺栓	5	2	3	2	尺量
	预埋管	3	3	3	3	尺量
表面平整度		3	3	2	3	靠尺、塞尺
角线顺直		3	3	2	2	拉线、尺量
明缝直线度		5	3	3	3	拉线、尺量

## 9.4 子分部工程验收

**9.4.1** 子分部工程施工质量验收时，应在钢筋、混凝土、现浇结构等相关分项工程验收合格的基础上，进行质量控制资料检查、观感质量验收及结构实体验收。

**9.4.2** 结构实体验收应包括现浇高热阻轻骨料混凝土的强度、现浇高热阻轻骨料混凝土外墙钢筋保护层厚度、墙厚度，必要时可检验其他项目。

**9.4.3** 结构实体高热阻轻骨料混凝土强度应按照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定，采用同条件养护试件的方法检验。

**9.4.4** 现浇高热阻轻骨料混凝土外墙的钢筋保护层厚度应按照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定检验，钢筋保护层厚度的允许偏差为±3mm。

**9.4.5** 高热阻轻骨料混凝土外墙厚度应按照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定检验，允许偏差应符合本规范表 9.3.2-1 或表 9.3.2-2 的规定，精确至 1mm。

**9.4.6** 子分部工程验收时应提供下列文件和记录：

- 1 设计文件、设计变更文件、深化设计文件；
- 2 原材料质量证明文件和抽样检验报告；
- 3 预拌混凝土的质量证明文件和抽样检验报告；
- 4 混凝土性能检验报告；
- 5 钢筋接头的试验报告；
- 6 隐蔽工程验收记录；
- 7 混凝土工程施工记录；
- 8 混凝土试件的试验报告及混凝土强度检验评定记录；
- 9 外墙防水施工质量检验记录；
- 10 分项工程验收记录；
- 11 结构实体检验记录；
- 12 工程的重大质量问题的处理方案和验收记录；
- 13 其他必要的文件和记录。

## 用词说明

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，非这样做不可的用词：  
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用词：  
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用词：  
正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。
- 4 表示有选择，在一定条件下可以这么做的，采用“可”。

## 引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用于本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

- 《混凝土结构设计规范》 GB50010
- 《建筑抗震设计规范》 GB50011
- 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 《农村防火规范》 GB50039
- 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T50107
- 《民用建筑隔声设计规范》 GB 50118
- 《混凝土结构工程质量验收规范》 GB 50204
- 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 《建筑节能工程施工质量验收标准》 GB 50411
- 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 《农村居住建筑节能设计标准》 GB/T50824
- 《矿物掺合料应用技术规范》 GB/T 51003
- 《工程结构通用规范》 GB 55001
- 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 《混凝土结构通用规范》 GB 55008
- 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015
- 《建筑环境通用规范》 GB 55016
- 《建筑与市政防水通用规范》 GB 55030
- 《民用建筑通用规范》 GB55031
- 《建筑防火通用规范》 GB 55037
- 《通用硅酸盐水泥》 GB175
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 《混凝土外加剂》 GB8076
- 《轻集料及其试验方法第 1 部分：轻集料》 GB/T 17431.1
- 《硫铝酸盐水泥》 GB 20472
- 《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》 GB/T 20491
- 《用于水泥和混凝土中的粒化电炉磷渣粉》 GB/T 26751
- 《砂浆和混凝土用硅灰》 GB/T 27690
- 《石灰石粉混凝土》 GB/T 30190

《轻骨料混凝土应用技术标准》 JGJ/T12  
《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18  
《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52  
《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55  
《混凝土用水标准》 JGJ 63  
《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107  
《建筑外墙防水工程技术规程》 JGJ/T 235  
《石灰石粉在混凝土中应用技术规程》 JGJ/T 318  
《民用建筑绿色性能计算标准》 JGJ/T 449  
《膨胀珍珠岩》 JC 209  
《混凝土用复合掺合料》 JG/T 486  
《改性硫铝酸盐水泥》 DB13/T 1486

中国工程建设标准化协会标准

高热阻承重混凝土外墙应用技术规程

**T/CECS XXX-202X**

条 文 说 明

## 制 定 说 明

本规程制定过程中，编制组进行了[高热阻承重混凝土外墙](#)的调查研究，总结了我国工程建设的实践研究，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，总结了相关研究成果与工程实践经验，为本标准的编制奠定了重要基础。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程《[高热阻承重混凝土外墙应用技术规程](#)》时能正确理解和执行条款规定，编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与规程正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

## 目次

1	总则.....	68
2	术语和符号.....	69
2.1	术语.....	69
3	基本规定.....	70
4	材料.....	71
4.1	原材料及钢筋.....	71
4.2	高热阻轻骨料混凝土性能.....	71
5	配合比设计.....	73
5.1	一般规定.....	73
5.2	配制强度的确定.....	73
5.3	耐久性能和长期性能要求.....	73
5.4	配合比设计参数选择.....	73
5.5	配合比计算与调整.....	75
6	建筑设计.....	77
6.1	一般规定.....	77
6.2	节能设计.....	77
6.3	构造与连接设计.....	77
7	结构设计.....	78
7.1	一般规定.....	78
7.2	承重外墙结构设计.....	78
7.3	承重外墙抗震设计.....	78
7.4	非承重外墙结构设计.....	79
7.5	构造规定与连接设计.....	79
8	施工技术.....	80
8.1	一般规定.....	80
8.2	施工准备.....	80
8.3	模板工程.....	81
8.4	钢筋工程.....	83

8.5	混凝土工程	83
8.6	成品保护	84
8.7	特殊防护要求	85
8.8	季节性施工	85
9	质量验收	87
9.1	一般规定	87
9.2	主控项目	88
9.3	一般项目	88
9.4	子分部工程验收	89

# 1 总则

**1.0.1** 清水混凝土建筑在中国快速发展，建筑师普遍青睐本材料的空间与视觉效果。现浇清水混凝土外墙的应用中，目前一般采用“三明治”夹心构造来解决外墙围护结构保温节能差的问题，但现有技术存在以下问题：1) 构造复杂、措施及人力成本较高；2) 普遍存在大量冷桥、热桥，保温隔热性能差；3) 普通清水混凝土的容重大，对结构的承载力要求高；4) 材料的隔声性能较差。

传统混凝土外墙外保温薄抹灰系统普遍存在耐久性较差的问题，材料在室外环境长期侵蚀老化后，容易起翘、脱落，不仅影响功能，而且存在较大的潜在风险：如空鼓、开裂、脱落、发生火灾等。对于建筑的质量和品质影响较大，甚至造成生命和财产的损失，不符合新时代我国建筑业高质量发展的需求。

针对以上两类混凝土外墙应用场景中现有技术缺点，本规程的轻骨料保温高强混凝土外墙专项技术采用单一构造体系替代传统复合构造体系，实现现浇外墙混凝土材料的自保温功能。本技术解决了目前清水混凝土外墙保温隔热性能较差的普遍问题，提高外墙保温体系的安全耐久性，提升材料的绿色低碳性能，实现混凝土材料的轻量化与施工措施减量化，建立一种新型混凝土外墙绿色建造技术体系。为给现浇维护保温一体化混凝土外墙的材料生产、设计、施工和质量验收提供依据，制定本规程。

**1.0.2** 本条明确了本规程的适用范围，由于高热阻轻骨料混凝土材料的导热系数一般控制在  $0.2\text{W/m}\cdot\text{K}$  至  $0.5\text{W/m}\cdot\text{K}$  之间，因此工程中常规采用的外墙设计厚度一般不能满足严寒气候区建筑外墙节能要求，且清水混凝土外墙一般也不适用于严寒气候区，因此对技术的应用气候区做了相应的限定。

本条还对结构承重外墙与结构非承重外墙两种不同应用方式的技术适用范围做了规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

**2.1.1** 高热阻轻骨料混凝土外墙采用现浇单一外墙构造体系,无附加保温构造层,采用轻骨料混凝土技术实现外墙混凝土材料的自保温功能。高热阻轻骨料混凝土外墙既可用于结构承重现浇外墙构件,也可用于非结构承重现浇外墙构件;既可用于清水混凝土现浇外墙构件,也可用于非清水混凝土现浇外墙构件。

**2.1.2** 本条规定了高热阻轻骨料混凝土的密度等级与基本热工性能要求。密度等级的方面,大量工程应用经验表明轻骨料混凝土的强度、热工性能等技术参数离散性比较大,材料稳定性较差,其配制原理及物理力学参数预测理论也没有普通混凝土成熟,对特定工程或具体应用,一般需要针对个案的试验测试环节。为提高技术应用的安全可靠性,同时与结构用轻骨料混凝土密度等级规定相互协调,确定高热阻轻骨料混凝土的密度等级为  $1400\text{kg/m}^3$  至  $1950\text{kg/m}^3$  之间。

热工性能要求方面,综合多次测试得到材料保温性能参数,并结合《农村居住建筑节能设计标准》GB T50824、《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《民用建筑绿色性能计算标准》JGJ/T449 中对各个气候区各类建筑外墙节能设计的要求,确定高热阻轻骨料混凝土的干燥状态下导热系数不大于  $0.5\text{W/m}\cdot\text{K}$ ,保证技术具有较普遍的应用场景与范围。

**2.1.3** 现浇清水混凝土外墙的施工是高热阻轻骨料混凝土重要的应用场景之一,可解决传统清水混凝土外墙“三明治”夹心构造存在的不利技术问题。

### 3 基本规定

**3.0.1** 高热阻轻骨料混凝土外墙需要同时满足建筑节能设计与结构强度的要求。保温隔热性能好的轻骨料混凝土表观密度较小，材料抗压强度相对较低；而材料抗压强度较高的轻骨料混凝土表观密度较高，保温隔热性能相对较差。因此需要根据工程具体情况，在材料保温隔热性能、结构力学性能要求之间适当均衡，合理选择确定相关设计参数。

**3.0.2** 轻骨料混凝土的收缩比普通混凝土大，且浇筑时轻骨料因密度较小，易上浮造成构件不均质，故施工中需要采取必要措施避免因混凝土收缩过大产生裂缝，并保证外墙的均好性。具体技术措施还包括选择吸水率较低、粒径相对较小、高强度轻质骨料与高贝利特硫铝酸盐水泥等具有良好抗裂性的水泥，适当提高拌合物粘性等。轻骨料混凝土制备宜采用预拌生产方式。

**3.0.4** 国内外经验表明，轻骨料混凝土力学性能稳定性比普通混凝土差；清水混凝土外观与施工精度要求高，其混凝土强度等级也应比无清水效果要求的普通混凝土适当提高。为保证结构承重外墙的结构安全性与清水混凝土外墙的实际施工效果，其强度等级在《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJT12 技术要求基础上适当提高。

**3.0.6** 用于建筑外墙施工的高热阻轻骨料混凝土由于存在多方面的技术性能要求，因此单方材料价格一般比普通混凝土高，故对于没有保温隔热要求的建筑内部结构楼板、现浇混凝土内墙，或可以安全方便增加保温层的屋面水平构件，建议仍采用普通混凝土设计施工。

**3.0.7** 高热阻轻骨料混凝土外墙自身的保温隔热性能较好，但仍需注意与其他构件或材料交接位置的构造处理，以避免出现不利位置的冷热桥，具体可参见第六章建筑设计中构造与连接设计一节。

## 4 材料

### 4.1 原材料及钢筋

**4.1.1~4.1.6** 高热阻轻骨料混凝土的原材料主要是水泥、轻骨料、普通砂、水、各种化学外加剂和矿物掺合料。本标准引用了相应原材料有关标准及类型，引入了高贝利硫铝酸盐水泥及其它类型的水泥，还补充了拌制高热阻轻骨料混凝土可用到的石粉、复合掺合料等矿物掺合料类别。并取得了关于材料配比及其性能指标方面的发明专利 ZL202210844740.8 《一种自密实低导热高强混凝土》。

对于有抗震设防要求的高热阻轻骨料混凝土结构构件，推荐使用高强轻粗骨料，且其强度标号不宜低于 30。轻粗骨料的强度标号是指采用高强轻骨料专用试验方法测得的强度标号，具体试验方法应符合现行国家标准《轻集料及其试验方法 第 2 部分：轻集料试验方法》GB/T 17431.2 的规定。

**4.1.7** 高热阻轻骨料混凝土结构用普通钢筋和预应力筋的选用原则与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 相同，钢筋的强度标准值、强度设计值和弹性模量等材料性能指标也按该标准确定。

### 4.2 高热阻轻骨料混凝土性能

**4.2.2** 高热阻轻骨料混凝土的理论密度是供设计人员计算自重时取用的。

**4.2.3** 本条针对不同用途的轻骨料进行了强度规定，随着高强陶粒和高热阻轻骨料混凝土技术的发展，在原规程基础上，适当提高了高热阻轻骨料混凝土强度要求。用于自承重兼保温的高热阻轻骨料混凝土结构构件，其强度等级可适当降低。

**4.2.4** 根据高热阻轻骨料混凝土的基本材料性能及国内外地震设防区工程应用实践，规定了构件抗震要求的最高和最低高热阻轻骨料混凝土强度等级限制，以保证构件在地震力作用下的承载力和延性。考虑到高强高热阻轻骨料混凝土的脆性特性，对地震高烈度区使用高强高热阻轻骨料混凝土应有所限制。

**4.2.5~4.2.6** 对高热阻轻骨料混凝土进行了大量和充分的数据收集整理，其中人造轻骨料通常称为陶粒，是指采用无机材料经加工制粒、高温焙烧而制成的轻骨料。在计算现浇钢筋高热阻轻骨料混凝土轴心受压及偏心受压构件时，规定了当截面的长边或直径小于 300mm 时，表中高热阻轻骨料混凝土的强度设计值应乘

以系数 0.8，当混凝土成型、截面和轴线尺寸等构件质量确有保证时，可不受此限。

**4.2.11** 高热阻轻骨料混凝土与普通混凝土同样，应具有良好的耐久性能，本标准结合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的环境条件对耐久性指标进行了规定。

**4.2.12** 本条对高热阻轻骨料混凝土的拌合物性能和水溶性氯离子含量进行了规定，对应的技术参数与现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 协调一致。

## 5 配合比设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 本条文规定了高热阻轻骨料混凝土配合比设计的主要目的与任务。高热阻轻骨料混凝土除拌合物性能、力学性能和耐久性能应满足设计要求外，还应重视表观密度也应满足设计要求。

**5.1.2** 本条规定了高热阻轻骨料混凝土在配合比设计和原材料选用原则。

**5.1.3** 鉴于高热阻轻骨料混凝土技术的发展，为改善某些性能指标，在高热阻轻骨料混凝土中同时采用两种不同品种的粗骨料，在国外应用已越来越多。在国内近几年，使用多种骨料配制高热阻轻骨料混凝土也是需要考虑的普遍情况，由于多种骨料配制高热阻轻骨料混凝土情况相对复杂，影响因素较多，故掺用的比例应通过试验确定。

**5.1.4** 化学外加剂和掺和料品种很多，性能各异。其品种与掺量会对水泥适应性的产生影响，因此，为了保证高热阻轻骨料混凝土的施工质量，特制定本条文。

### 5.2 配制强度的确定

**5.2.1** 本条文规定了试配强度的确定方法，强调高热阻轻骨料混凝土的配合比应通过计算和试配确定。和普通混凝土一样，试配强度应具有 95%的保证率。

**5.2.2** 本条规定了高热阻轻骨料混凝土强度标准差应根据同品种、同强度等级混凝土的统计资料计算确定，而且规定了强度试件组数不应少于 30 组。同时也规定了对于无统计资料时，强度标准差的取值方法。

### 5.3 耐久性能和长期性能要求

**5.3.2** 在高热阻轻骨料混凝土配合比设计时，高热阻轻骨料混凝土的配合比是否满足耐久性能和长期性能要求应通过试验验证。

**5.3.3~5.3.7** 分别针对抗裂、抗水渗、抗冻、抗氯离子渗透、抗硫酸盐侵蚀性能对高热阻轻骨料混凝土的净水胶比范围、胶凝材料用量和矿物掺合料掺量等参数进行了规定，以确保高热阻轻骨料混凝土对应耐久性能满足设计要求。

### 5.4 配合比设计参数选择

**5.4.1** 规定了对于不同试配强度高热阻轻骨料混凝土的胶凝材料用量参照表 5.4.1 进行取值。从目前配制混凝土的水泥的发展趋势考虑，将 42.5 级普通硅酸盐水泥和 42.5 级（抗裂双快）高贝利特硫铝酸盐水泥作为配制高热阻轻骨料混凝土的基本参照，及其胶凝材料用量和矿物掺合料掺量可在参照表 5.4.1 的基础上，经试验进行适当调整。

**5.4.2** 目前在混凝土中使用矿物掺合料是普遍现象，在高热阻轻骨料混凝土配制和生产中也是普遍现象，因此在高热阻轻骨料混凝土配制过程中应考虑矿物掺合料的掺量，不同种类的矿物掺合料、不同水泥种类的不同净水胶比的高热阻轻骨料混凝土中发挥的作用和影响也不同。通过系统的试验和经验总结，本条针对不同种类的矿物掺合料、不同水泥种类和净水胶比情况对矿物掺合料的最大产量进行了规定。对于使用硅酸盐水泥拌制的高热阻轻骨料混凝土，其矿物掺合料掺量可比采用普通硅酸盐水泥时掺量适当放大。具体推荐的最大掺量可见表 5.4.2-1 和表 5.4.2 的规定。

**5.4.3** 根据十多年来生产和工程实践经验，表 5.4.3 中增加振动加压成型，是为适应某些干硬性混凝土生产的需要，如砌块等；坍落度加大，是根据减水剂的普遍使用、混凝土搅拌运输车出料和施工操作要求等多方面技术发展情况调整的。

**5.4.4** 此条文规定了高热阻轻骨料混凝土砂率特殊的表示方法，及不同用途高热阻轻骨料混凝土的砂率值的变化范围。与普通混凝土的不同点：一是以体积砂率表示；二是一般砂率较大。

高热阻轻骨料混凝土的砂率应以体积砂率表示，即细骨料体积与粗细骨料总体积之比。体积可采用松散体积或绝对体积表示。其对应的砂率为松散体积砂率或绝对体积砂率。随其配合比设计方法不同，采用砂率表示方法也不同：采用松散体积法设计配合比则用松散体积砂率表示，可采用表 5.4.4；用绝对体积法设计时，则用绝对体积砂率表示，也可采用表 5.4.4。

不同用途混凝土的砂率变化范围是根据国内外施工经验制定的。经过多年的实践证明是可行的。

**5.4.5** 表 5.4.5 中用普通砂时粗细骨料总体积下限，主要是根据较高强度等级砂轻混凝土及其施工操作性能的要求、水泥和粉煤灰等掺合料总用量相对增加而确定的。

## 5.5 配合比计算与调整

**5.5.1** 将松散体积法用于砂轻混凝土的配合比计算，并放在突出位置，基于五点考虑：1.在计算过程中，有关材料的计算参数，需要经专门试验加以确定，而轻骨料和砂等有关材料匀质性不理想，试验确定的参数，代表性并不好。因此，绝对体积法往往与实际情况有较大出入。2.实际工程中，时常由于缺乏试验条件，或图方便省时间，往往直接采用经验取值作为计算参数。实践证明，这种方法应用效果不理想，最终还是靠试验修正，修正的偏差还较大。3.松散体积法基于试验和应用经验，也包括了积累经验过程中绝对体积法在初步计算时的大量应用，我们可以站在已有知识（包括理论指导、试验和应用经验）的平台上，在合理范围内查取计算参数，直接经试验调整确定配合比，相对较为简明。4.松散体积法相对较简易，便于理解和应用，有利于试验和工程中配合比的反复调配，有利于高热阻轻骨料混凝土的推广应用；5.试验和工程证明，松散体积法的应用，确实带来很大的方便，而且，其准确性和可靠性是有保证的。经验证明，两种配合比计算和调整的步骤可行。

**5.5.2** 松散体积法是以给定每立方米混凝土的粗细骨料松散总体积为基础进行计算，然后按设计要求的混凝土干表观密度为依据进行校核，最后通过试验调整出配合比。

20 多年使用经验说明，本条文规定的松散体积法，既适用全轻混凝土，也适用于砂轻混凝土。它是一个十分简便易行、预估性较好的和非常实用的高热阻轻骨料混凝土配合比设计方法。它特别适用于在施工中及时、快速地调整配合比。

**5.5.3** 绝对体积法是按每立方米混凝土的绝对体积为各组成材料的绝对体积之和进行计算。绝对体积法概念明确，便于计算。但由于原材料的某些设计参数，如粗、细骨料的颗粒表观密度和水泥的密度等，设计需经试验确定，费时较多，十分麻烦，不能满足在施工中经常检测，及时调整配合比的要求。若不采用实测值，而是按一般的资料任取一个经验值进行计算，则可能带来配合比设计结果的较大误差，影响工程质量。

但对于对比、检验、分析和研究等工作，绝对体积法仍是有用的。这次规定仍沿用以前设计步骤，未作修改。

**5.5.4** 本条规定了最终的高热阻轻骨料混凝土配合比需经调整确定。具体调整步

骤应结合试配混凝土的计算湿表观密度、拌合物密度、干表观密度参数进行。

**5.5.5~5.5.6** 对于调整确定的高热阻轻骨料混凝土配合比，规定了水溶性氯离子含量和相关耐久性指标应分别符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB50164 规定，并通过试验验证。

## 6 建筑设计

### 6.1 一般规定

**6.1.2~6.1.4** 主要规定了高热阻轻骨料混凝土外墙的构件基本性能要求，包括防火、隔声、防水等。建筑节能、结构安全与耐久等技术要求见本规程其他相关章节。

**6.1.5** 增大高热阻轻骨料混凝土外墙的厚度可以提升其保温隔热性能，但考虑到技术的主要应用场景为单层或多层建筑，结构设计要求的墙体最小厚度一般不大，而且浇筑混凝土的厚度过大容易产生温度裂缝，因此综合考虑技术的应用场景、施工质量控制、经济性因素，规定了墙体的一般最大设计厚度。

### 6.2 节能设计

**6.2.3-6.2.4** 主要针对除外墙以外的其他室内外环境界面节能设计。高热阻轻骨料混凝土外墙依靠混凝土材料实现自保温，但总体来说材料自身的保温隔热效能不如岩棉、挤塑聚苯板等专用保温材料，故应该适当加强屋面、地面等其他室内外环境界面的节能措施。

### 6.3 构造与连接设计

**6.3.1** 清水混凝土外墙可采用氟碳树脂保护剂或硅树脂保护剂。非清水混凝土外墙抹面层应采用安全耐久的基层、面层材料，对墙体起到有效的保护、找平、装饰等作用。

**6.3.2** 本条规定了的高热阻承重混凝土外墙、高热阻非承重混凝土外墙与建筑楼板、屋面结构板、女儿墙等构件的连接构造。不同类型墙体的连接设计应符合结构传力方式的要求，并采用敷设附加保温层等措施有效防止局部冷热桥。

**6.3.3** 外侧齐平的外窗安装方式容易导致热流从紧邻窗框的外墙位置短距离传导，从而形成冷热桥，故应该避免此种安装方式。中置或内置安装的窗口部位也应采取必要的加强保温构造措施。

**6.3.5** 轻骨料混凝土含水率较高时，墙体的保温隔热性能会受到明显的影响，因此除本规程 6.2.4 条规定的地面及正负零标高以下部分的保温加强措施外，还应采取必要的防水防潮措施，避免因受潮带来的外墙热工性能明显降低。

## 7 结构设计

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 高热阻承重混凝土外墙在结构中为剪力墙构件,规定了高热阻承重混凝土外墙承载能力极限状态计算及正常使用极限状态的要求,应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 中剪力墙的有关规定。

当进行结构构件抗震设计时,除应符合本标准有关规定外,尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 重的有关规定。

### 7.2 承重外墙结构设计

**7.2.1** 本条主要针对与高热阻轻骨料混凝土外墙连接的连梁、悬挑板、女儿墙等需要进行正截面承载力验算的结构构件。正截面验算应按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 以及《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 中承载力相关公式进行验算。

**7.2.2~7.2.5** 此部分内容为高热阻承重混凝土外墙受剪截面验算、斜截面受剪承载力验算以及洞口连梁受剪承载力验算的要求。与《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 中关于剪力墙的设计要求一致:

剪力墙截面控制公式在国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 (2015年版)公式的基础上乘以0.85的折减系数;

剪力墙偏心受压时的抗剪承载力计算公式中反映混凝土抗剪强度的第一项和反映轴力影响的第二项分别乘以0.85的折减系数;

轻骨料混凝土剪力墙的受力性能、破坏形态不同于小截面偏心受拉构件,剪力墙偏心受拉时的抗剪承载力计算公式中也同样对反映轻骨料混凝土抗剪强度的第一项和反映轴力影响的第二项分别乘以0.85的折减系数;

对连梁抗剪承载力计算公式中反映混凝土抗剪强度的第一项由 $0.7ftbh_0$ 改为 $0.6ftbh_0$

### 7.3 承重外墙抗震设计

**7.3.1** 此条规定与《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 的设计要求一致,

地震作用组合的正截面受弯承载力可按静力公式除以相应的承载力抗震调整系数。

框架梁端轻骨料混凝土受压区高度及梁端纵向受拉钢筋配筋率应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

**7.3.2** 此条给出了高热阻承重混凝土外墙轴压比要求。

**7.3.3~7.3.6** 此部分内容给出了高热阻承重混凝土外墙的抗震受剪截面控制条件、抗震受剪承载力计算公式，与《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12的设计要求一致，各公式的混凝土项均乘了0.85的折减系数。

## **7.4 非承重外墙结构设计**

**7.4.1** 高热阻非承重外墙作为维护结构，仅承受自身荷载，其稳定性及风荷载、地震荷载计算可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 中非结构构件的规定验算。高热阻非承重外墙应设置拉结筋等与主体结构可靠拉结。

## **7.5 构造规定与连接设计**

**7.5.1** 高热阻轻骨料外墙所用轻骨料为人造轻骨料混凝土，人造轻骨料混凝土碳化速度与普通混凝土接近。因此保护层厚度取为与普通混凝土相同。

**7.5.2~7.5.4** 此部分参照《轻骨料混凝土应用技术标准》JGJ/T 12 的构造要求，在普通混凝土受拉钢筋基本锚固长度基础上乘以增大系数的方法。轻骨料混凝土纵向受力钢筋的锚固、搭接长度的修正条件可按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2010 (2015 年版)第 8.3 节、第 8.4 节的规定执行。对受拉钢筋锚固长度、纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度及纵向受压钢筋绑扎搭接接头的搭接长度的最小值，均在普通混凝土的基础上增加 50 mm。

**7.5.5~7.5.7** 此部分规定了高热阻轻骨料外墙的最小配筋率及配筋构造要求。

**7.5.8~7.5.9** 此部分规定了的高热阻承重混凝土外墙、高热阻非承重混凝土外墙与建筑楼板、屋面结构板、女儿墙等构件的连接构造。不同类型墙体的连接设计应符合结构传力方式的要求，同时考虑高热阻轻骨料混凝土外墙与主体结构为两种不同混凝土类型时的构造。

**7.5.10** 悬挑阳台等悬挑构件宜与外墙采用相同的轻骨料混凝土材料一次浇筑形成一体化结构，构造节点设计应一体考虑。

## 8 施工技术

### 8.1 一般规定

**8.1.1~8.1.6** 对高热阻轻骨料混凝土的施工提出了全过程控制的管理要求，具体包括对模板的设计与选材、节点型式、加工、制作、验收、安装、拆除、保护等环节的质量控制，对高热阻轻骨料混凝土的原材料选用、配合比的设计、混凝土制备、运输、浇筑、振捣、养护、成品保护等环节进行质量控制；保证模板的支拆程序、混凝土的养护条件以及表面修复等工艺的一致性。

### 8.2 施工准备

**8.2.1~8.2.4** 在进行高热阻轻骨料混凝土施工前，需综合考虑项目结构特点和施工环境，精心选择混凝土材料以确保拌合物稳定性，并深入理解设计图纸，应同时对预埋件、设备管线的预留孔洞等进行设计，综合考虑结构、设备、电气、水暖等专业图纸进行深化设计，以避免施工中的设计变更和后续专业施工对高热阻轻骨料混凝土的剔凿。

根据墙体尺寸、浇筑高度及施工流程确定浇筑与振捣策略。应编制专项施工方案，严格遵循设计要求和施工工艺，经审批后指导施工，同时实施全面的技术交底，建立健全自检、专检和交接检制度，确保施工质量和安全。

**8.2.5** 在高热阻轻骨料混凝土施工中，模板体系材料的选择和使用需遵循以下关键规定：

**1 材质与性能要求：**模板材质应满足隔热性能和加工性能，可选用覆膜胶合板、钢板、铝合金板、塑料板、玻璃纤维增强材料等，确保模板面板的平整、光滑、清洁。

**2 全钢大模板体系：**钢材材质不应低于 Q235，面板宜采用 $\geq 5\text{mm}$  厚钢板，适应不同使用条件的受力构件材质由设计确定。

**3 背楞材料：**金属背楞拼装式木模板体系背楞材料应选用不低于 Q235 的通长金属型材，钢框胶合板模板体系的钢框也宜采用热轧型钢，中间肋可选用焊接方管或扁钢。

**4 支撑与配件：**模板支撑材料应确保整体稳定性，可选用钢管脚手架、盘扣脚

手架、型钢等，配件需满足模板体系的连接加固需求，包括模板夹具、型材吊具、钩头螺栓等金属材料，对拉螺栓套管及堵头可选用塑料、橡胶等。

**5 清水混凝土模板：**当应用于清水混凝土中，模板需额外满足其装饰效果需求，确保混凝土表面的平整和美观。

**8.2.6 钢筋材料及其相关配件**在高温阻轻骨料混凝土施工中的使用应遵循以下核心规定：选用 20#~22#绑扎钢丝进行钢筋绑扎，确保钢筋保护层垫块具有足够的强度和刚度，尤其在清水混凝土工程中，垫块颜色应与混凝土色调一致，推荐使用清水混凝土塑料垫块，同时要求钢筋表面清洁无锈蚀，以保障混凝土结构的稳定性和外观质量。

**8.2.7~8.2.9 编制高温阻轻骨料混凝土专项方案**应有针对性和实操性，必须根据工程所在地的环境和工程结构、构造情况，选择合适的混凝土配合比、模板体系及浇筑方案，确定合理的施工工艺。对高温阻轻骨料混凝土保温隔热效果产生影响的部位进行协商，既要满足施工需要，又要满足结构安全和保温要求。对非高温阻轻骨料混凝土构件及其他穿插工序的交接做出合理的策划。

## 8.3 模板工程

**8.3.1~8.3.4 本条给出了各类模板体系的基本构造以及不同混凝土类型**建议选择的模板材料，在实际施工中因地制宜的选择。模板构造可按表 1 选择。

**表 1 各类模板体系构造**

序号	模板类型	模板体系构造
1	金属背楞拼装式木模板	由木模板，钢梁、铝梁等次背楞金属型材，钢梁等主背楞金属型材，组装式对拉螺栓、直通型对拉螺栓等组成
2	金属框胶合板模板	由胶合板模板，空（实）腹型材、冷弯管材，型材主、次背楞，抽芯铆钉或螺钉等构件组成
3	木梁胶合板模板	由胶合板模板、木梁、槽钢、连接爪、吊钩、对拉螺栓等构件组成
4	全钢大模板	由钢板模板，型钢做主、次背楞焊接组成
5	不锈钢模板	由不锈钢面板和不锈钢加肋组成
6	铝合金模板	由铝合金型材为模板，肋、主体型材、平面模板、转角模板、早拆装置组成

**8.3.5~8.3.6** 模板选择与设计应结合高热阻轻骨料混凝土外墙结构构造，尽量减少拼缝，同时还要满足便于施工的要求，模板深化节点构造包括模板的尺寸、标高、门窗洞口节点、预留预埋节点、幕墙节点、排水节点、高热阻轻骨料混凝土与其他部位交接节点等，对拉螺栓的位置应避开门窗洞口边缘的暗柱钢筋，同时防止拆模损伤混凝土。模板设计中，每种结构体系对应的设计重点有所不同，要区分对待。

**8.3.7** 对拉体系采用组装式（五段式）止水对拉螺栓，考虑防水及高热阻轻骨料混凝土隔热要求，不得采用直通对拉螺杆，在堵头与模板接触面加设海绵或者橡胶类弹性垫圈是为了避免混凝土浆体进入堵头，拆除堵头时破坏墙面。螺栓孔堵头封堵也应采用保温砂浆材料进行处理。

**8.3.8~8.3.9** 对木模板面板的拼缝应进行防漏浆处理，处理后的拼缝应保持面板的平整度，全钢模板平接和阳角面板的拼缝可采用模板硬拼接缝加止水泡沫棒双重措施保证接缝严密，避免漏浆。面板平口连接时，切口处刨光并涂刷防水材料，保证接缝不漏浆。

**8.3.10** 对脱模剂的选用与施工作了具体规定：

- 1 模板表面涂刷脱模剂能够方便脱模，同时涂刷的脱模剂不能对高热阻轻骨料混凝土表面质量产生不利影响，因此需要根据不同的模板种类和模板体系，选择优质的脱模剂，以保证成品混凝土的效果。
- 2 脱模剂选用时，要保证容易脱模，涂刷方便，易干燥和便于用后清理；选用的脱模剂不要引起混凝土表面起粉和产生气泡，不应污染和锈（溶）蚀模板。
- 3 当高热阻轻骨料混凝土应用在清水混凝土饰面效果的工程中时，脱模剂喷涂不得影响清水混凝土表面效果。

**8.3.11** 对模板安装作了具体规定：

- 1 模板安装需保证模板尺寸、规格及构配件满足设计要求，拼缝、墙根无漏浆等缺陷，影响高热阻轻骨料混凝土保温性能。
- 2 高热阻轻骨料混凝土在支模完毕后应尽快浇筑混凝土，防止钢筋受雨雪腐蚀而生锈，防止积水。

**8.3.12** 对模板拆除作了具体规定：

- 1 适当延长高热阻轻骨料混凝土养护时间能保证混凝土表面反应充分，可提高混凝土强度，减轻拆模时对混凝土表面和棱角的破坏。

2 现场拆除所作的各项规定对保证新浇筑混凝土质量、保护与方便模板和配件的周转使用有重要指导作用。

## 8.4 钢筋工程

**8.4.1** 内包材料主要是指型钢、夹心板材、管材等。

**8.4.2** 钢筋应随进随用，避免因在现场放置时间长产生浮锈，防止雨雪天气造成钢筋锈蚀，影响高热阻轻骨料混凝土的效果。

**8.4.3** 还应根据钢筋接头形式、接头位置、搭接长度、锚固长度对钢筋绑扎的影响，确定加工尺寸；通长钢筋应确保钢筋总长度、钢筋位置准确和保护层厚度符合要求。

钢筋安装依据国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2015的要求以及设计要求，保证混凝土的结构安全。对拉螺栓孔眼位置按照设计要求，避免钢筋影响对拉螺栓的安装，影响混凝土的饰面效果。

钢筋外露或保护层过小，将影响结构安全及高热阻轻骨料混凝土效果；禁止采用钢筋作为保护层顶模棍。

钢筋绑扎点扎扣和绑扎钢丝尾端朝向结构内侧都是为了防止扎丝外露生锈，耐久性降低而影响高热阻轻骨料混凝土保温效果。

## 8.5 混凝土工程

**8.5.1~8.5.2** 对混凝土拌合物的制备与性能作了具体规定：

1 为了保证混凝土更准确的用水量；适当延长搅拌时间和减水剂后掺法是为了混凝土拌合物更均匀和减水剂充分发挥分散作用。

2 参照行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283-2012 和国家标准《预拌混凝土》GB/T14902-2012 的相关规定。

3 混凝土浇筑振捣可使用振捣棒、附着式振捣器，振捣器应安装坚固，与振捣器额定振动面积相适应。

4 为了保证浇筑的混凝土形成均匀密实的结构，先后两次混凝土浇筑时间间隔超过初凝时间，或虽未超过初凝时间，但振捣棒已不能穿入下层混凝土，就不能直接浇筑第二层混凝土，应按接槎处理。浇筑机械选择宜采用汽车泵等措施保证连续布料。

5 高热阻轻骨料混凝土浇筑施工过程中应避免漏浆带来的蜂窝、孔洞缺陷，从而影响保温隔热性能。

**8.5.3 对施工缝设置与施工要求作了具体规定：**

1 施工缝位置与对齐要求：施工缝的位置不仅要遵循设计要求，特别在清水混凝土工程中，还应尽量与蝉缝或明缝保持一致，以确保外观的统一性和美观性。同时，楼梯与墙柱在浇筑时宜分开进行，楼梯的受力筋可预埋处理，非承重与承重构件也宜分开施工，以保证各部分结构的独立性和稳定性。

2 施工缝的具体设置与处理：对于竖向构件的水平施工缝，推荐设置在高于梁底标高 30mm 处，以确保结构连接处的强度和防水性能。墙体浇筑时，其长度应比施工缝位置每边宽出约 30mm，以增强接缝处的结构连续性。施工缝处的处理，如使用无齿锯切割并清理软弱层和松散石子，是确保新旧混凝土结合质量的关键步骤。

3 模板安装与封闭措施：为防止混凝土浇筑过程中的漏浆，模板与结构实体接触处应采用具有防漏浆作用的材料进行封闭，同时在模板安装前可预先固定明缝条，以确保施工缝的精确对齐和结构的完整性。

## 8.6 成品保护

**8.6.1 对模板工程成品保护作了具体规定：**

1 采用封边漆对模板裁切边及螺栓孔进行处理是为了防止板边受潮、遇水膨胀，影响模板使用。

2 应充分重视模板的堆放，模板上不得堆放重物，堆放场地应坚实平整，当堆场足够大时，可采用水平叠放，平放时面对面的堆放，严禁将面板朝下接触地面，模板面板之间铺棉毡以保护面板；竖向存放时使用专用插放架。

3 模板吊装过程中，尤其注意避免模板与墙柱钢筋碰撞，可在墙体钢筋与模板之间应每隔一定距离放置一根 PVC 管，保证模板与钢筋软接触。

4 避免混凝土高速冲击模板，会减少石子对面板的击打损伤，有效减少“泪痕”现象，因此混凝土下料口应采取一定的遮挡措施。

**8.6.2 对钢筋工程成品保护作了具体规定：**

1 采取防雨雪措施是为了防止半成品及绑扎成型的钢筋锈蚀，避免锈水渗入已完清水混凝土墙面内，影响混凝土外观颜色。

2 本条主要是对钢筋位置进行严格管控，避免钢筋移位。

**8.6.3** 对混凝土工程成品保护作了具体规定：

1 混凝土浇筑前，对已浇筑的成品高热阻轻骨料混凝土用塑料薄膜包裹严密，浇筑过程中对流淌的水泥浆及时清理。

2 外用脚手架作业时，靠近混凝土一侧应采用不掉色柔性材料缠裹，与成品混凝土墙面接触点应垫橡胶板等柔性材料，避免使用时划伤清水混凝土表面。

3 模板拆除后，立即用塑料薄膜对混凝土构件进行全封闭，让混凝土自身的水化气凝结成水起到养护混凝土的作用，有效防止混凝土表面裂缝的发生。

4 钢筋隐检过程中要执行技术复核制度，严格落实验收程序，避免发生预留预埋遗漏，当成品清水混凝土表面需要剔凿处理时，需制定专项施工方案经各参建单位审核通过后方可实施。

## 8.7 特殊防护要求

**8.7.1** 当高热阻轻骨料混凝土应用在清水混凝土工程中时，应考虑模板、钢筋、混凝土浇筑工艺对清水饰面效果带来的影响。

模板分块设计、施工缝划分、节点构造设计均需保证清水混凝土饰面效果的完整性和美观性。

当高热阻轻骨料混凝土应用在彩色清水混凝土工程中时，所添加调色材料不得影响混凝土工作性能、强度、保温隔热性能。

当高热阻轻骨料混凝土应用在彩色清水混凝土工程中时，对微观裂缝控制要求更高，可考虑配筋进行适当加密，同时针对裂缝控制所设置的诱导缝措施，不得影响高热阻轻骨料混凝土的保温隔热性能，可采用保温材料二次封闭缝隙。

相关内容参照行业标准《清水混凝土施工技术规程》JGJ 169-2009。

**8.7.2** 保护剂的使用，不得影响清水混凝土颜色，饰面效果。

## 8.8 季节性施工

**8.8.1~8.8.2** 应分析高热阻轻骨料混凝土原材料温度、环境温度、混凝土运输方式与距离等因素对混凝土初凝时间、塌落度损失等性能指标的影响，根据环境温度、湿度、风力和采取温控措施的实际情况，对混凝土配合比进行调整，调整后应进行试配。

**8.8.3** 冬期如遇特殊情况进行混凝土浇筑施工，应采取有效的保温采暖措施。

**8.8.4~8.8.6** 混凝土浇筑前，应及时了解天气情况，出现降雨、高温、大风时，尽可能不要进行混凝土露天浇筑施工。如要施工，为应对突发意外，要准备应急预案。

## 9 质量验收

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 高热阻轻骨料混凝土外墙的验收应依据现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的有关规定，检验批、分项工程、子分部工程的划分和组织，应依据现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300的有关规定。

**9.1.3** 钢筋力学性能应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的有关规定，焊接材料的进场验收应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定，钢筋机械连接接头的进场验收应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的有关规定。

**9.1.4** 墙体混凝土面可能有原色、彩色、装饰图案等不同效果，外观质量首先应符合设计要求。对于可能存在的外观质量缺陷，应根据现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204判定为严重缺陷或一般缺陷，并根据对结构性能、使用功能及观感的影响进行相应处理。

**9.1.5** 有保温要求的结构轻骨料混凝土热工性能及检验频次应符合设计要求。

**9.1.6** 本条给出了检验批质量验收合格的条件：主控项目均应合格，一般项目经抽样检验合格，且资料应齐全完整。检验批的合格质量主要取决于主控项目和一般项目的检验结果。

主控项目是对检验批的基本质量起决定性影响的检验项目，这种项目的检验结果具有否决权。

对采用计数检验的一般项目，其合格点率应在80%及以上，在允许存在的20%以下的不合格点中不得有严重缺陷。

计数检验的偏差项目作为一般项目做出规定，并不意味着偏差项目不重要，相反有些质量要求尽管以偏差项目做出规定，但同样影响结构安全性和耐久性，以及后续的安装或使用功能，因此，根据其重要性给出了80%的基本合格点率。严重缺陷是指对结构构件的受力性能，耐久性能或安装要求、使用功能有决定性影响的缺陷。具体的缺陷严重程度一般很难量化确定，应由现场监理、施工单位根据专业知识和经验分析确定。

资料检查应包括原材料、构配件、器具及半成品等的进场验收资料、重要工序施工记录、抽样检验报告、隐蔽工程验收记录等。

资料检查中，重要工序施工记录是过程质量控制的有效依据，应由施工单位根据项目特点，在施工组织设计或施工方案中明确，并经监理单位核准。如混凝土养护记录等。

隐蔽工程应有影像资料的要求来源于现行国家标准《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB55032 的有关规定。

## 9.2 主控项目

**9.2.1** 本条所要求的高热阻轻骨料混凝土强度等级，是针对检验批强度评定而言的，并非指某一组或几组混凝土标准养护试件的抗压强度代表值，应将整个检验批的各组混凝土试件强度代表值按《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关公式进行计算，以评定该检验批的混凝土强度等级。同时给出了试件制作地点、抽样方法及试件制作数量的要求。

**9.2.2** 钢筋采用焊接连接或机械连接时，如无法现场截取试件进行试验，可采用模拟现场条件制作工艺试件并进行试验的方法，工艺试件的制作应有质量管理措施，并保证其具有代表性。

**9.2.4** 较大的尺寸偏差或严重的外观缺陷通常会影响到结构性能、使用功能或耐久性，也可能影响装修工程、设备安装等。验收时，对已经出现的质量问题，应由施工单位根据具体情况提出技术处理方案，经监理单位认可后进行处理，并重新检查验收。对于影响结构安全的严重缺陷，技术处理方案尚应经设计单位认可。

## 9.3 一般项目

**9.3.1** 本条给出了现浇高热阻轻骨料外墙外观质量要求及检验方法。在实际应用时，检验方法可采用本条的方法，也可采用其他精度更高的检验方法和相应的检测工具。

**9.3.2** 本条给出了现浇高热阻轻骨料外墙尺寸允许偏差及检验方法。在实际应用时，尺寸偏差除应符合本条规定外，还应满足设计或设备安装提出的要求。尺寸偏差的检验方法可采用本条的方法，也可采用其他精度更高的检验方法和相应的检测工具。

## 9.4 子分部工程验收

**9.4.6** 本条列出了高热阻轻骨料混凝土外墙结构子分部工程施工质量验收时应提供的主要文件和记录，反映了从检验批开始，贯穿于整个施工过程的质量控制结果，落实了过程控制的基本原则，是确保工程质量的依据。