

中国工程建设标准化协会标准

**蒸压加气混凝土楼屋面板应用技术规程**

Technical specification for composite slabs of autoclaved aerated concrete

(征求意见稿)

中国建筑工业出版社

2021. Xx

中国工程建设标准化协会标准  
蒸压加气混凝土楼屋面板应用技术规程  
Technical specification for composite slabs of  
autoclaved aerated concrete

T/CECS×××:2021

主编单位：

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期： 2021 年×月×日

中国建筑工业出版社

2021 北 京

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈中国工程建设标准化协会 2018 年第一批标准编制、修订项目计划〉的通知》（建标协字[2018]015 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，在参考并借鉴了国内外相关研究成果的前提下，认真总结了蒸压加气混凝土楼板、屋面板的生产工艺、截面设计、试验研究、工程实践等经验，对以蒸压加气混凝土配筋板材为预制底板，其上浇筑混凝土叠合层的蒸压加气混凝土叠合板的构性进行了系统的试验研究并经充分研讨论证及工程试应用，编制此规程。

本规程共分 5 章和 2 个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、板材及计算指标、结构设计、施工与质量验收等。

本规程某些内容涉及到“一种蒸压加气混凝土叠合板”（专利申请号 202020728964.9）相关专利的使用。涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本规程主编单位协商处理。除上述专利外，本规程的某些内容仍可能涉及专利，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砌体结构专业委员会归口管理，由中国建筑东北设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国建筑东北设计研究院有限公司（地 址：沈阳市和平区光荣街 65 号 邮 编：110002）

**主编单位：**

**参编单位：**

**主要起草人员：**

**主要审查人员：**

## 目 次

1 总 则.....	5
2 术语和符号.....	6
2.1 术 语.....	6
2.2 符 号.....	7
3 板材及计算指标.....	9
3.1 一般规定.....	9
3.2 板 材.....	9
3.3 计算指标.....	12
4 结构设计.....	14
4.1 一般规定.....	14
4.2 承载能力极限状态计算.....	15
4.3 正常使用极限状态验算.....	16
4.4 构造要求.....	18
5 施工与质量验收.....	21
5.1 一般规定.....	21
5.2 叠合板施工.....	21
5.3 质量验收.....	22
附录 A 蒸压加气混凝土无支撑叠合板.....	24
附录 B 蒸压加气混凝土板内钢筋自应力.....	27

## Contents

1	General Provisions.....	5
2	Terms and Symbols.....	6
2.1	Terms.....	6
2.2	Symbols.....	7
3	Materials of Slab and Calculation Index.....	9
3.1	General Requirements.....	9
3.2	Materials of Slab.....	9
3.3	Calculation Index.....	12
4	Structural Design.....	14
4.1	General Requirements.....	14
4.2	Ultimate Limit States.....	15
4.3	Serviceability Limit States.....	16
4.4	Detailing Requirements.....	18
5	Construction and Quality Acceptance.....	21
5.1	General Requirements.....	21
5.2	Construction.....	21
5.3	Quality Acceptance.....	22
	Appendix A No Bracing Composite Slab of Autoclaved Aerated Concrete.....	24
	Appendix B Self Stress of Steel Reinforcements in Slab of Autoclaved Aerated Concrete.....	27

# 1 总则

**1.0.1** 为规范蒸压加气混凝土叠合板在工程上的应用，做到安全可靠、技术先进、适用耐久、确保质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于抗震设防烈度 9 度及以下地区的新建、改扩建的工业与民用建筑蒸压加气混凝土叠合板的设计、施工及验收。

**1.0.3** 蒸压加气混凝土叠合板的设计、施工及验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**1.0.1~1.0.3【条文说明】**蒸压加气混凝土板为底板的叠合楼板兼具保温与承重一体，用于民用与工业建筑的楼（屋）盖。其优点为：

- 1、自重轻，不大于  $750\text{Kg/m}^3$ ，方便运输与施工，降低地震作用；
- 2、导热系数低（不大于  $0.14\text{W/m.K}$ ），有利于楼层间保温、隔热，节约能源消耗，符合建筑节能的要求。
- 3、隔声性能好， $150\text{mm}$  厚底板计权隔声量为  $44\text{dB}$ ，加上上部混凝土叠合层，优于现有 PC 构件楼盖；
- 4、蒸压加气混凝土板材坯体和板内钢筋热膨胀系数 $\alpha$ 的不同，在生产过程中板内钢筋产生了一定的自应力，板材产生了反拱从而增加了板的抗裂能力，除此之外由于反拱的存在还可减少施工时底板的临时支顶；
- 5、板拼缝处或混凝土叠合层里可埋设设备管线，尽量保证房屋的层高不受影响；
- 6、板侧企口用细石混凝土灌缝，内墙设板底圈梁及外墙设高位圈梁加上拼缝构造钢筋与叠合层浇成一体，极大地提高了楼（屋）盖的刚度，试验研究表明，整体构造满足全刚的条件，有利于房屋的抗震；
- 7、施工性好，特别是装配式建筑中会减少模板的支护与拆除工序，可以缩短施工周期并减少施工成本；
- 8、为传统蒸压加气混凝土板开拓了新的应用途径，对提升板材品质、产品更新换代、对接装配式建筑起着重大作用。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 蒸压加气混凝土叠合板 Composite slabs of autoclaved aerated concrete

用蒸压加气混凝土配筋板材作为预制底板，在其上按叠合板的设计要求布置钢筋网片，而后浇筑混凝土叠合现浇层的叠合楼（屋）面板，简称叠合板。

#### 2.1.2 抗压强度变异系数 Coefficient of Variance

又称强度“标准差率”，用  $C_v$  表示，衡量试验资料中立方抗压强度各观测值变异程度的统计量，也是衡量板材质量稳定性的重要指标。采用抗压强度标准差与其平均数的比值（相对值）来表示。

#### 2.1.3 自应力 Self stress

蒸压加气混凝土板的生产过程中由于蒸压加气混凝土与钢筋的线膨胀系数的差异而在板截面上产生的预应力。

【条文说明】2.1.3 在蒸压加气混凝土板制造过程中的高温、高压蒸养阶段，因钢筋和板材坯体的线膨胀系数不等造成了钢筋的膨胀远大于坯体，坯体完成蒸养、水化过程并降至常温时，已经硬化了的板材对钢筋的回缩形成的束缚应力。

#### 2.1.4 板侧槽口 Side Notch

板侧边所加工出的上窄下宽的槽口。

【条文说明】2.1.4 对叠合板底板板侧进行槽口处理，使其能更好的与现浇钢筋混凝土进行协同工作。

#### 2.1.5 高位圈梁 High Ring Beam

砌体结构中约束叠合板平面内变形的混凝土圈梁，其高度为板底圈梁、坐浆与楼板高度之和。

#### 2.1.6 钢筋焊接网 Welded Mesh of reinforcement

为纵向钢筋和横向钢筋分别以一定的间距排列且互成直角、全部交叉点均焊接在一起的钢筋网片。

#### 2.1.7 叠合现浇层 Cast-in-situ Layer of Laminated Slab

叠合板中蒸压加气混凝土配筋板材上部所浇筑的混凝土现浇层，简称“叠合层”。

#### 2.1.8 建筑信息模型 Building Information Modeling

包含建筑全生命期或部分阶段的几何信息及非几何信息的数字化模型。建筑信息模型以数据对象的形式组织和表现建筑及其组成部分，并具备数据共享、传递和协同的功能。

### 2.1.9 二维码 2-dimensional bar code

用某种特定的几何图形按一定规律在平面（二维方向上）分布的黑白相间的图形，记录部品所在位置、性能指标、制作单位、制作时间、合格标识等数据符号信息的图案。

### 2.1.10 板底抹灰石膏 Plaster gypsum morta

以建筑石膏为基料，加入外加剂和轻集料而成的楼屋面板板底抹灰、刮平的材料。

## 2.2 符号

### 2.2.1 材料性能

- A —— 蒸压加气混凝土强度等级；
- $C_v$  —— 抗压强度变异系数；
- B —— 蒸压加气混凝土干体积密度等级；
- $E_c$  —— 蒸压加气混凝土弹性模量；
- $f_y$  —— 钢筋的抗拉、抗压强度设计值；
- $f_a$  —— 蒸压加气混凝土抗压强度设计值；
- $f_t$  —— 蒸压加气混凝土劈拉强度设计值；
- $\rho$  —— 配筋率。

### 2.2.2 几何参数

- $h$  —— 截面高度；
- $a_s$  —— 受拉（受压）钢筋截面中心到板底（板顶）的距离。
- $A_0$  —— 换算截面面积；
- $A_s$  —— 纵向受拉钢筋截面面积；
- $I_0$  —— 换算截面的惯性矩。



### 2.2.3 计算系数

$B_s$  —— 板材截面短期抗弯刚度；

$\gamma_0$  —— 结构重要性系数；

$\gamma_f$  —— 材料分项系数；

$\theta$  —— 荷载长期效应组合对挠度的影响系数。

### 3 板材及计算指标

#### 3.1 一般规定

3.1.1 蒸压加气混凝土板材的外观质量要求、制作尺寸偏差及结构性能检验除应符合现行国家标准《蒸压加气混凝土板》GB/T 15762 的有关规定外，尚应符合本规程的规定。

3.1.2 叠合板不得用于长期处于浸水或化学侵蚀的环境及表面温度经常处于 80°C 以上的部位。

3.1.3 叠合板系统所用的各种材料应满足现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566、《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 的规定。

3.1.4 叠合板的耐火等级及其相应构件的燃烧性能和耐火极限 ( $h$ ) 应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

3.1.5 不同建筑热工设计气候分区的叠合板屋面设计应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 和现行节能建筑设计标准的规定。

#### 3.2 板材

3.2.1 叠合板底板规格尺寸可按表 3.2.1 采用。

表 3.2.1 叠合板底板常用规格 (mm)

标志长度 (L)	宽度 (B)	厚度 (D)
1800~6000	600	120、150、200

【条文说明】3.2.1 叠合板底板板材在生产加工时要求板内具有特殊的钢筋构造，不允许在施工现场对板材进行切割等处理。

3.2.2 叠合板底板的蒸压加气混凝土强度等级不宜低于 A5.0，不应低于 A3.5。

3.2.3 叠合板底板的蒸压加气混凝土抗压强度变异系数不应大于 0.10。

【条文说明】3.2.3 值得指出，并不是所有企业生产的蒸压加气混凝土板材都能作为叠合板底板应用，除了板的配筋设计与构造与传统隔墙板不同以外，对抗压强度的稳定性也有严格要求，只有那些工艺科学合理、质量管理严格的企业产品才可以生产出叠合板底板。遵循国家标准《墙体材料应用统一技术规范》GB 50574 第 3.2.2 条规定（该条属于强制性条文），本标准对制品抗压强度提出了变异系数的要求，规定叠合板底板的强度变异系数不应大于 0.10。

变异系数定义为蒸压加气混凝土强度标准差与该批蒸压加气混凝土强度平均值之比，用符号  $\delta$  表示。变异系数确定方法如下：

抗压强度统计样本数为企业最近 1~3 个月的同一品种、同一强度等级的立方抗压强度试验数据，试件组数不应少于 30，标准差计算公式为：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{aui}^a - f_{au}^a)^2}{n-1}}$$

式中：  $\sigma$  —— 标准差；  
 $f_{aui}^a$  —— 第 i 组试件抗压强度试验值 (MPa)；  
 $f_{au}^a$  —— 试件抗压强度平均值 (MPa)。  
n —— 试验组数。

变异系数按下式计算：

$$\delta = \sigma / f_{au}^a$$

式中：  $f_{au}^a$  —— 蒸压加气混凝土强度平均值。  
 $f_{aui}^a$  —— 第 i 组试件抗压强度试验值 (MPa)；  
 $f_{au}^a$  —— 试件抗压强度平均值 (MPa)。  
n —— 试验组数。

### 3.2.4 叠合板底板应用时，其含水率不应大于 25%。

【条文说明】3.2.4 对板材规定应用时的含水率要求至关重要，因板材的含水率高低会影响其干燥收缩值的大小，收缩值过大，墙体将必裂无疑。目前生产企业均没有很大的室内堆场，堆在室外很容易受到雨淋，会加大板材的含水。本规程将应用含水率列入了主要控制指标。

JGJ/T 17 中规定蒸压混凝土制品应用时的含水率不应大于 30%是综合考虑了大部分的制品生产企业及制品应用的实际，但对于叠合板底板应提出更高的要求，并且部分优质的生产企业制品已经能够满足 25%的要求，同时鉴于楼（屋）面构件的重要性，本规程将含水率的要求提高至 25%。

### 3.2.5 蒸压加气混凝土板的抗冻性能应符合表 3.2.5 的规定。

表 3.2.5 蒸压加气混凝土板的抗冻性能

抗冻指标	质量损失	强度损失
D35	≤5%	≤25%

注：1 D35 指冻融循环 35 次；

2 制品的抗冻性能试验方法按现行国家标准《蒸压加气混凝土性能试验方法》GB/T 11969 规定执行。

### 3.2.6 叠合板底板不应有未切割面，切割面不应残留切割渣屑。

【条文说明】3.2.6 蒸压加气混凝土为模具浇筑成型，为了制品脱模方便，通常要在模具表面涂刷废机油等脱膜剂。若不将制品的油面切掉，必然严重影响墙体质量和抹灰质量，故生产企业必须具备制品“六面扒皮”的能力。同样当加气混凝土坯体切割钢丝过粗（直径大于0.8mm）时，切割面将残留较多的切割附着屑，这些附着于板材表面的渣屑将成为影响墙体质量与抹灰质量的障碍。经验表明当采用高强细钢丝时可有效避免上述现象的发生。

### 3.2.7 叠合板底板应配置钢筋网笼，横向分布筋间距不应大于 500mm。

### 3.2.8 叠合板底板上下钢筋焊接网片（图 3.2.8）应符合下列规定：

1 叠合板底板下网片的纵向钢筋直径不应小于 6mm 且不宜大于 10mm，其间距不应大于 200mm；主筋端部应设 3 根横向锚固筋，直径不应小于最大主筋，间距不应大于 50mm；横向分布钢筋直径不应小于 6mm。

2 叠合板底板上网片的纵向钢筋不应少于 2 根，端部横向钢筋距板边不大于 50mm；

3 叠合板底板钢筋的保护层厚度不应小于 20mm。

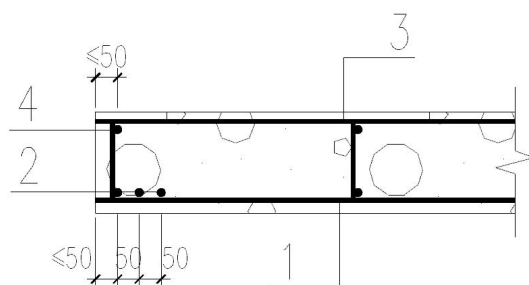


图 3.2.8 上下钢筋网片构造

1——下网片纵向钢筋 2——下网片横向锚固筋 3——上网片纵向钢筋

4——上网片端部横向钢筋

3.2.9 蒸压加气混凝土板中配置的钢筋网片焊点质量检验要求应符合国家现行标准《钢筋混凝土用钢 第 3 部分：钢筋焊接网》GB/T 1499.3、《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的规定。

3.2.10 蒸压加气混凝土板中配置的钢筋应用防锈剂作防锈处理。防锈钢筋与蒸压加气混凝土间的粘接强度不应小于 1.0MPa，防锈能力应符合现行行业标准《蒸压加气混凝土板钢筋涂层

防锈性能试验方法》JC/T 855 的规定。

【条文说明】3.2.10 蒸压加气混凝土为轻质多孔硅酸盐混凝土，孔隙率大于 60%，因而环境中的有害介质很容易对板内钢筋进行侵袭，会导致受力钢筋生锈，因此应对板内的钢筋进行防锈处理。本《规程》对钢筋防锈处理明确提出了要求，要有严格的保证，这是配筋构件的关键性技术要求。工程实践表明蒸压加气混凝土配筋构件的钢筋防锈如果处理不好，将是造成构件破坏或不能使用的主要原因，因此强调钢筋防锈必须可靠，在产品标准中给以严格的保证。

3.2.11 板材宜标有部品编号、应用部位、加工时间、检验标记等标识系统，标识系统应满足唯一性要求。

### 3.3 计算指标

3.3.1 蒸压加气混凝土强度标准值应按表3.3.1—1采用，强度设计值应按表3.3.1—2采用。

表3.3.1-1 蒸压加气混凝土抗压、劈拉强度标准值 (N/mm<sup>2</sup>)

强度类别	强 度 等 级	
	A3.5	A5.0
抗压强度 $f_{ak}$	2.83	4.05
劈拉强度 $f_{tk}$	0.45	0.49

表3.3.1-2 蒸压加气混凝土抗压、劈拉强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

强度类别	强 度 等 级	
	A3.5	A5.0
抗压强度 $f_a$	2.02	2.89
劈拉强度 $f_i$	0.32	0.35

3.3.2 蒸压加气混凝土的弹性模量应按表 3.3.2 采用。

表 3.3.2 蒸压加气混凝土的弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)

品 种	强 度 等 级	
	A3.5	A5.0
蒸压水泥、石灰、砂制品	1900	2300
蒸压水泥、石灰、粉煤灰制品	1700	2000

3.3.3 蒸压加气混凝土干密度应按表 3.3.3 采用。

表 3.3.3 蒸压加气混凝土干密度 (kg/m<sup>3</sup>)

干密度级别	B05	B06
干密度 $\rho_d$	525	625

3.3.4 蒸压加气混凝土板的自重应按蒸压加气混凝土干密度的 1.4 倍采用。

【条文说明】3.3.4 该条文引自行业标准《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》JGJ/T 17，主要是考虑到了板材密度的离散、板材含水率以及板内的钢筋。

3.3.5 蒸压加气混凝土板配筋网片宜采用热轧光圆钢筋 (HPB300)、热轧带肋钢筋 (HRB400) 或高延性冷轧带肋钢筋 (CRB600H)，钢筋抗拉强度设计值及弹性模量可按表 3.3.5 采用。

表 3.3.5 钢筋抗拉强度设计值及弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)

钢筋牌号	抗拉强度设计值 $f_y$	弹性模量 $E_s$
HPB300	270	$2.10 \times 10^5$
HRB400	360	$2.00 \times 10^5$
CRB600H	430	$1.90 \times 10^5$

3.3.5 【条文说明】 CRB600H 高强钢筋是国内近年来研制开发的新型细直径带肋钢筋，其设计强度明显高于目前常用的 HRB400 热轧带肋钢筋，这种钢筋已不再是传统意义上的冷轧带肋钢筋，这是因为将 Q235 钢筋冷轧成肋的工艺过程中，又让钢筋在线回火，从而在大幅度提高强度的同时又提高了延性，而价格又较低，用作混凝土结构构件或蒸压加气混凝土板材的受力钢筋和分布钢筋，既可有利于钢筋与混凝土（蒸压加气混凝土）的握裹，减少钢筋用量并降低成本，还能方便施工，社会效益和经济效益均十分显著。砌体结构专业委员会编制的《CRB600H 高延性高强钢筋应用技术规程》CECS 458:2016 由于其先进性、适用性、经济性好，于 2018 年获中国工程建设标准化协会“标准创新奖”。

3.3.6 混凝土、钢筋和钢材的各项力学性能指标和耐久性要求等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《钢结构设计标准》GB 50017 和中国工程建设协会标准《CRB600H 高延性高强钢筋应用技术规程》CECS 458 等有关规定。

3.3.7 叠合层混凝土的强度等级不应低于 C25。

## 4 结构设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 叠合板采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，用可靠指标度量结构构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行计算，并应满足正常使用极限状态的要求。

**4.1.2** 叠合板在承载能力极限状态和正常使用极限状态下的荷载效应组合设计值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定计算。

**4.1.3** 叠合板的安全等级和设计使用年限应与整个结构保持一致。

**4.1.4** 叠合板的设计，对持久设计状况应进行承载力、变形及裂缝控制验算。

**4.1.5** 叠合板应进行施工和使用两阶段设计，其承载力、挠度、裂缝宽度应符合设计要求。

【条文说明】4.1.5 研究表明，以蒸压加气混凝土板为底板的叠合板的主要控制因素为正常使用极限状态下的开裂、挠度等指标，因此除承载力以外，还应进行挠度和裂缝控制验算。

**4.1.6** 叠合板不宜在结构转换层、平面复杂或开洞较大的薄弱部位、上部结构嵌固端等部位应用。

【条文说明】4.1.6 结构转换层、平面复杂或开洞较大楼层的楼板薄弱部位、作为上部结构嵌固部位的地下室楼板等部位的楼盖整体性和面内刚度要求较高，为保障结构整体性能，宜采用现浇楼板。若需采用叠合楼盖，应增大现浇叠合层厚度，并加强叠合板与支撑结构的连接。

**4.1.7** 对结构进行整体分析时，宜采用刚性楼面假定。

【条文说明】4.1.7 叠合楼板及叠合屋面板是有现浇面层的装配式楼板，在进行结构内力与位移计算时，可视为水平放置的深梁，具有很大的面内刚度，可近似认为楼板在其自身平面内为无限刚性。

**4.1.8** 叠合板应按单向简支板进行设计。

**4.1.9** 施工阶段设有可靠支撑的叠合板，应按本规程 4.2 节的规定进行整体受弯构件设计计算，施工阶段不加支撑的叠合板，应按本规程附录 A 的规定进行计算。

【条文说明】4.1.9 施工阶段应采取可靠措施，按整体受弯构件进行设计计算，否则应进行二阶段受力计算。

**4.1.10** 宜采用信息化手段对建筑设计图纸进行叠合板底板的排板、编号，生成底板规格明细表。

【条文说明】4.1.10 宜利用 BIM 技术将施工图纸进行板材编号而生成，做到“一楼面一明细”并顺序对部品编码，以方便板的加工、运输、施工。

## 4.2 承载力极限状态计算

4.2.1 蒸压加气混凝土叠合板的正截面承载力应按下列公式计算（图 4.2.1）：

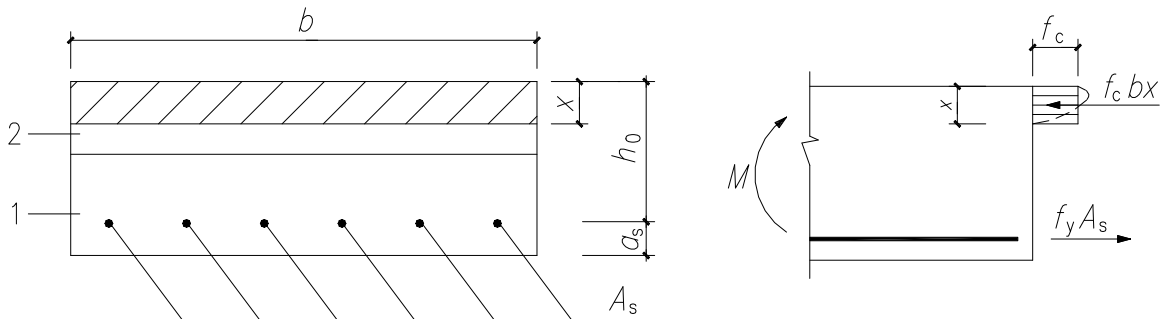


图 4.2.1 蒸压加气混凝土叠合板正截面承载力计算简图

1——叠合板底板 2——叠合层

$$M \leq 0.75 f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (4.2.1-1)$$

$$x = \frac{f_y A_s}{f_c b} \quad (4.2.1-2)$$

混凝土受压区高度尚应符合下式的规定：

$$x \geq 0.133 h_0 \quad (4.2.1-3)$$

式中：  $M$  —— 弯矩设计值；

$f_c$  —— 叠合现浇层混凝土的抗压强度设计值；

$b$  —— 板材截面宽度；

$h_0$  —— 叠合板截面有效高度；

$x$  —— 混凝土受压区高度。

—— 纵向受拉钢筋的强度设计值；

$f_y$

$A_s$  —— 纵向受拉钢筋截面面积；

【条文说明】4.2.1 根据蒸压加气混凝土板的施工工艺及生产质量要求，板材受力钢筋直径不宜大于 10mm，按最大配筋计算受压区高度  $x=430 \times 78.5 \times 10 / (11.9 \times 600) = 47.3$ 。受压区高度小于叠合层最小厚度，因此取消了预制板最大配筋率的限制。

为符合平截面假定，混凝土压应力达到  $f_c$  时的混凝土压应变取为 0.002，钢筋的极限拉应



变取为 0.001，中和轴到板顶的距离为  $z$ ，则：

$$z/(h_0-z)=0.002/0.01$$

$$x=0.8z=0.133h_0$$

4.2.2 叠合板的截面抗剪承载力，可按下式验算：式中：

$$V \leq 0.35f_t bh_0 \quad (4.2.2)$$

式中：  $V$  —— 剪力设计值；

$f_{ta}$  —— 蒸压加气混凝土劈拉强度设计值。

【条文说明】4.2.2 根据已有试验结果（“加气混凝土构件的计算及其试验基础”，清华大学，1980），板材的抗剪承载力为  $0.055f_a bh_0$ ，按本规程  $f_a$  与  $f_t$  的比值最小值 6.31，将蒸压加气混凝土的抗压强度转换成抗拉强度。则：

$$0.055f_a bh_0=0.055 \times 6.31f_t bh_0=0.35 f_t bh_0$$

4.2.3 叠合板底板在翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下的施工验算，可按照现行行业标准《蒸压加气混凝土制品应用技术标准》JGJ/T 17 的条文规定执行。

### 4.3 正常使用极限状态验算

4.3.1 叠合板一般情况下不允许出现裂缝。在荷载标准组合作用下，板的正截面受拉边缘应力可按下列公式计算：

$$\sigma_{ck} - \sigma_{pc} \leq f_{tk} \quad \dots\dots\dots (4.3.1-1)$$

$$\sigma_{ck} = \frac{M_k - M_z}{W_0} \quad \dots\dots\dots (4.3.1-2)$$

$$\sigma_{pc} = \frac{N_p}{A_{01}} + \frac{N_p e_p - M_z}{I_{01}} (h - e_{01}) \quad \dots\dots\dots (4.3.1-3)$$

$$N_p = \sigma_p (A_s + A_{s1}) \quad \dots\dots\dots (4.3.1-4)$$

式中：  $\sigma_{ck}$  —— 荷载标准组合(不包括预制板自重)作用下抗裂验算边缘的混凝土法向应力；

$\sigma_{pc}$  —— 扣除全部预应力损失后在抗裂验算边缘的混凝土预压应力(考虑预制板自重的影响)；

- $f_{tk}$  —— 蒸压加气混凝土的劈拉强度标准值；
- $M_k$  —— 荷载标准组合在计算截面产生的弯矩值；
- $W_0$  —— 叠合板验算边缘的换算截面弹性抵抗矩；
- $N_p$  —— 预制板纵向受力钢筋自应力引起的预加力；
- $\sigma_p$  —— 预制板纵向受力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的钢筋自应力，扣除全部应力损失后的值，按表 4.3.2 取值。
- $e_p$  —— 预制板纵向受力钢筋合力点到预制板换算截面形心的距离；
- $A_s, A_{s1}$  —— 预制板受拉区、受压区的钢筋截面面积；
- $A_{01}$  —— 预制板换算截面面积；
- $I_{01}$  —— 预制板换算截面惯性矩；
- $M_z$  —— 预制板自重标准值在计算截面产生的弯矩值；
- $h$  —— 预制板截面高度；
- $e_{01}$  —— 预制板换算截面形心到预制板顶面的距离。

4.3.2 钢筋有效自应力 ( $\sigma_p$ ) 值可按表 4.3.2 采用。

表 4.3.2 有效自应力  $\sigma_p$  (N/mm<sup>2</sup>)

钢筋种类	HPB300	HRB400	CRB600H
$\sigma_p$	88	84	80

注：有效自应力按釜内温度 195℃ 计算，其他养护温度时按附录 B 计算。

【条文说明】4.3.2 自应力是指配筋加气混凝土墙板在制造过程中，经过高温高压蒸养，由于钢筋和加气混凝土的线膨胀系数不同，钢筋相对伸长。出釜脱模后，温度降为常温，由于蒸压加气混凝土强度增高及钢筋两端的可靠锚固，使钢筋受拉，挤压蒸压加气混凝土板造成的预应力状态。

$\sigma_p$  指纵向受力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的钢筋自应力，扣除全部应力损失后的值。

线膨胀系数： $\alpha = \Delta L / (L \cdot \Delta T)$

弹性模量： $E = \sigma / \varepsilon = \sigma / (\Delta L / L)$

钢筋自应力： $\sigma = E(\Delta L / L) = E(\alpha_{\text{钢筋}} - \alpha_{\text{加气砼}})\Delta t$

钢筋应力 $\sigma$ 数值大小仅与钢筋的弹性模量成正比。

钢筋的线膨胀系数( $\alpha_{\text{钢筋}}$ )取值  $12 \times 10^{-6}(1/^\circ\text{C})$ ，蒸压加气混凝土的线膨胀系数( $\alpha_{\text{加气砼}}$ )取值  $8 \times 10^{-6}(1/^\circ\text{C})$ ，蒸压加气混凝土蒸养温度可按  $195^\circ\text{C}$  采用。

由于蒸压加气混凝土系为高温高压蒸汽养护，硅钙水化反应进行的比较完全，其塑性流变比普通混凝土小，故蒸压加气混凝土的徐变指数（徐变值/初始变形）为  $0.8 \sim 1.2$ ，而普通混凝土则为  $1 \sim 4$ 。根据现有资料分析，蒸压加气混凝土的收缩和徐变在五年内渐趋稳定，自应力总的损失约为总量的  $40\%$ 。

**4.3.3** 叠合板的挠度按结构力学方法计算，在荷载效应的标准值组合作用下，并考虑长期作用的影响，其最大挠度计算值不应大于  $l_0 / 200$ （ $l_0$  为板的计算跨度）。

**4.3.4** 叠合板应进行正常使用极限状态下的挠度验算，按荷载标准组合并考虑长期作用影响的刚度可按下列公式计算：

$$B = \frac{M_k}{M_q + M_k} B_s \quad (4.3.4-1)$$

$$B_s = 0.7 E_c I_0 \quad (4.3.4-2)$$

式中： $B_s$  —— 按荷载的标准组合计算的叠合板短期刚度；  
 $M_k$  —— 按荷载的标准组合计算的跨中最大弯矩值；  
 $M_q$  —— 按荷载的准永久组合计算的跨中最大弯矩值；  
 $I_0$  —— 叠合板换算截面惯性矩。

**4.3.5** 叠合板在使用阶段的预应力反拱值可用结构力学方法按预制构件的刚度  $E_c I_{01}$  进行计算。在计算中，钢筋的自应力应扣除全部应力损失；考虑应力长期影响，可将计算所得的反拱值乘以增大系数  $1.75$ 。

## 4.4 构造要求

**4.4.1** 叠合板底板厚度不应小于  $120\text{mm}$ ，叠合层厚度不应小于  $50\text{mm}$ ，当叠合层内需预埋管线时，厚度不应小于  $70\text{mm}$ 。

**4.4.2** 蒸压加气混凝土楼、屋面板侧面应有板顶放置钢筋的槽口，槽口尺寸宜按图 4.4.2 采用， $h$  小于  $150\text{mm}$  时， $a$  取  $45\text{mm}$ ， $h$  大于等于  $150\text{mm}$  时， $a$  取  $75\text{mm}$ 。

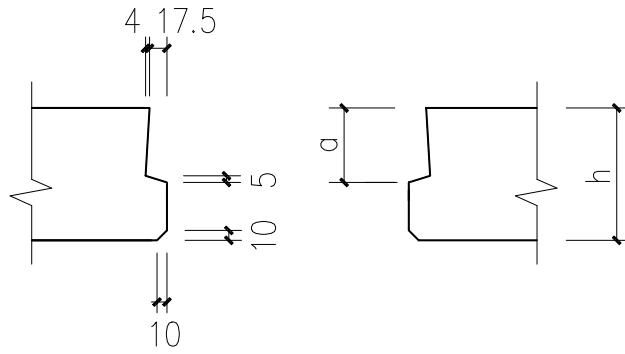


图 4.4.2 板材槽口

4.4.3 叠合板跨度大于 4m 时，应在距支座 1/4 跨范围内设置抗剪钢筋网片（图 4.4.3）。

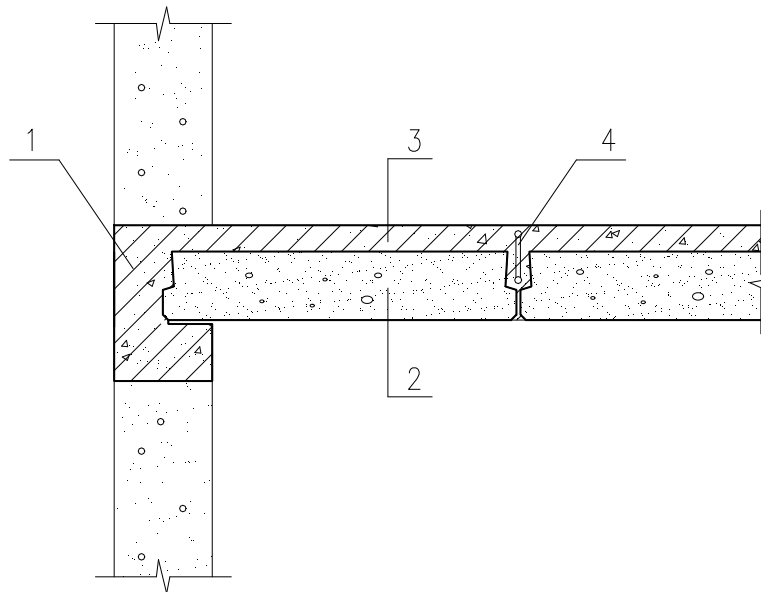


图 4.4.3 支座抗剪钢筋网片示意图

1——高位圈梁 2——叠合板底板 3——叠合层 4——抗剪钢筋网片

4.4.4 叠合板底板端部下网片横向锚固筋，应有不少于 2 根配置在支座承压区以内，且支座承压区的长度不应小于 90mm。

4.4.5 当采用砌体结构时，建筑外墙应设置混凝土高位圈梁（图 4.4.5），叠合层混凝土应与高位圈梁浇成一体。

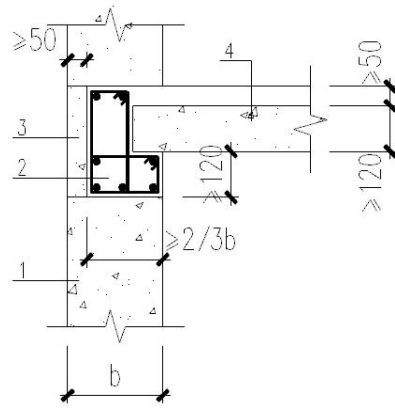


图 4.4.5 外墙混凝土高位圈梁节点示意图

1-墙体 2-圈梁 3-砌体或保温板 4-加气混凝土叠合板

- 4.4.6 叠合层中钢筋网的钢筋直径不宜小于 8mm，钢筋网格尺寸不宜大于 200mm×200mm。
- 4.4.7 叠合板的设备线管宜敷设在叠合层内。
- 4.4.8 叠合板用于潮湿房间时，应在板底做防水防潮处理。
- 4.4.9 叠合板底宜采用蒸压加气混凝土用抹灰砂浆或石膏薄层砂浆抹面。

## 5 施工与质量验收

### 5.1 一般规定

5.1.1 叠合板施工前应编制专项施工方案。

5.1.2 装卸板材应采用专门机具，并应按国家现行标准进行设计、验算或试验检验，不得使用钢丝绳直接吊装及用撬杠调整板位。

5.1.3 叠合板底板在储藏、运输及施工过程中应采取对板材进行保护的措施。

5.1.4 叠合板底板在现场堆放时应设置垫块，并限制堆放的高度（图 5.1.4）。

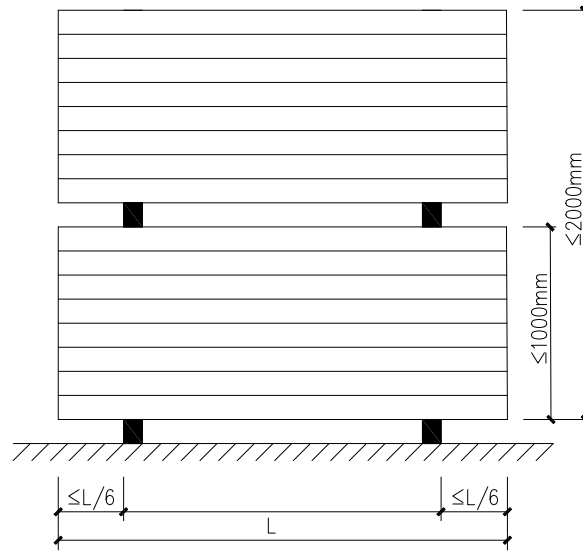


图 5.1.4 板材堆放

5.1.5 在墙、梁的侧面，施工现场按排板图画出血缝及预埋线管位置线，并标出板号。

### 5.2 叠合板施工

5.2.1 叠合板安装时的定位宜通过现场扫码确定。

5.2.2 叠合板底板安装前应确认板材的主筋位置，不得反向吊运、安装。

5.2.3 叠合板施工荷载不得超过设计荷载，且不应作为屋架的支撑系统。

5.2.4 对施工阶段设有可靠支撑设计的叠合楼板、应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定对模板与支撑进行设计，并提出支撑的布置图。

5.2.5 施工时严禁将屋楼、屋面板锯短使用。

5.2.6 叠合板底板安装时应用粘结砂浆进行坐浆连接。

5.2.7 浇注叠合层前应清除叠合板底板上的残渣浮灰并浇水湿润，润水深度宜为  $6\text{mm}\sim 8\text{mm}$ 。

5.2.8 叠合层厚度、钢筋保护层厚度、混凝土强度等级、钢筋规格及相关构造应符合设计规

定。

**5.2.9** 叠合层钢筋网片宜采用平搭接，搭接位置应在结构的非主要受力区域。

**5.2.10** 叠合层混凝土应均匀连续浇筑，投料高度不宜大于 500mm。

**5.2.11** 叠合层混凝土应边浇筑、边振捣。振捣器宜采用平板振动器。

**5.2.12** 叠合层浇筑完毕后应用塑料布覆盖，待终凝后改为撒水养护。养护的时间不少于 14 天。

### 5.3 质量验收

**5.3.1** 板材生产企业应按照有关标准规定或合同要求，对供应的板材应提供包括含水率、劈拉强度、抗压强度变异系数等技术参数的产品出厂质量证明书。

**5.3.2** 当板材附有二维码时，应按设计文件提供的板材明细表对叠合板底板的自有信息进行扫码核对。

**5.3.3** 叠合板的检验批应按一个楼层、一个施工段划分为一个检验批，且每检验批不应大于 1000m<sup>2</sup>，每批检查面积应为 10m<sup>2</sup>。

#### I 主控项目

**5.3.4** 叠合板底板的品种、规格、板型、强度等级应符合设计要求。

检验方法：检查质量证明文件或质量验收记录。

检查数量：全数检查。

**5.3.5** 叠合板底板的结构性能应符合设计要求。

检验方法：检查产品出厂合格证和叠合板底板结构性能检验报告。

检查数量：同一类型叠合板底板不超过 1000 个为一批，每批随机抽取 1 个构件进行结构性能检验。

**5.3.6** 蒸压加气混凝土板的干体积密度应符合设计要求及本规程的规定。

检验方法：检查产品出厂合格证和板的干体积密度检验报告。

检查数量：每批次抽检数量为 3 组。

**5.3.7** 叠合层现浇混凝土强度等级应符合设计规定。

检验方法：按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107 的要求进行。

检查数量：每连续浇注工作日为一批次。按同批预留样块全数进行检验，每批抽取次数不应少于一次，每次制作预留样块不应少于 3 组。

## II 一般项目

**5.3.8** 叠合板底板板侧槽口的位置、尺寸应符合设计要求。

检验方法：观察、测量。

检查数量：每批次抽查不应少于 5 处。

**5.3.9** 叠合板底板安装允许偏差应符合表 5.3.9 的规定。安装轴线偏差应全数检查，其余项目每个检验批至少抽查 10%，并不得少于 5 处，少于 5 处时，全数检查。

表 5.3.9 底板安装允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	轴线位置偏移	3	用经纬仪或拉线和尺量检查
2	相邻板底平整度	3	用钢尺检查
3	板缝偏差	5	用钢尺检查

**5.3.10** 叠合层的钢筋网片交叉点开焊数量不得超过《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的规定。

检验方法：观察。

判定数量：交叉点开焊数量不超过整个钢筋网片交叉点总数的 1%；任一根钢筋上开焊点数不超过该钢筋上交叉点总数 50%，否则为不合格。

**5.3.11** 叠合层内钢筋表面不得有油渍及其它影响使用的缺陷。

检验方法：观察

判定数量：全数检查。



## 附录 A 蒸压加气混凝土无支撑叠合板

**A.0.1** 施工阶段不加支撑的蒸压加气混凝土板叠合板，内力应分别按下列两个阶段计算。

1 第一阶段：后浇的叠合层混凝土未达到强度设计值之前的阶段。荷载由预制底板承担，预制底板按简支构件计算；荷载包括预制底板自重、叠合层自重以及本阶段的施工活荷载。

2 第二阶段：叠合层混凝土达到设计规定的强度值之后的阶段。叠合板按整体结构计算；荷载考虑下列两种情况并取较大值：

施工阶段：考虑叠合板自重、面层、吊顶等自重以及本阶段的施工活荷载；

使用阶段：考虑叠合板自重、面层、吊顶等自重以及使用阶段的可变荷载。

**A.0.2** 预制底板和叠合板的正截面受弯承载力应按本规程第 4.2 节计算，其中，弯矩设计值应按下列规定取用：

预制底板

$$M_1 = M_{1G} + M_{1Q} \quad (\text{A.0.2-1})$$

叠合板

$$M = M_{1G} + M_{2G} + M_{2Q} \quad (\text{A.0.2-2})$$

式中：

$M_{1G}$ ——预制底板自重和叠合层自重在设计截面产生的弯矩设计值；

$M_{2G}$ ——第二阶段面层、吊顶等自重在设计截面产生的弯矩设计值；

$M_{1Q}$ ——第一阶段施工活荷载在设计截面产生的弯矩设计值；

$M_{2Q}$ ——第二阶段可变荷载在设计截面产生的弯矩设计值，取本阶段施工活荷载和使用阶段可变荷载在设计截面产生的弯矩设计值中的较大值。

**A.0.3** 预制底板和叠合板的斜截面受剪承载力，应按本规程第 4.2 节的有关规定进行计算。

其中，剪力设计值应按下列规定取用：

预制底板

$$V_1 = V_{1G} + V_{1Q} \quad (\text{A.0.3-1})$$

叠合板

$$V = V_{1G} + V_{2G} + V_{2Q} \quad (\text{A.0.3-2})$$

式中：

$V_{1G}$ ——预制底板自重和叠合层自重在设计截面产生的剪力设计值；

$V_{2G}$ ——第二阶段面层、吊顶等自重在设计截面产生的剪力设计值；

$V_{1Q}$ ——第一阶段施工活荷载在计算截面产生的剪力设计值；

$V_{2Q}$ ——第二阶段可变荷载产生的剪力设计值，取本阶段施工活荷载和使用阶段可变荷载在计算截面产生的剪力设计值中的较大值。

在计算中，叠合板斜截面上的受剪承载力设计值  $V_{cs}$  应取预制底板的强度等级进行计算。

**A.0.4** 预制底板和叠合板应进行正截面抗裂验算。在荷载的标准组合下，抗裂验算边缘混凝土的拉应力不应大于蒸压加气混凝土抗拉强度标准值。抗裂验算边缘混凝土的法向应力应按下列公式计算：

预制底板

$$\sigma_{ck} = \frac{M_{1k}}{W_{01}} \quad (\text{A.0.4-1})$$

叠合板

$$\sigma_{ck} = \frac{M_{1Gk}}{W_{01}} + \frac{M_{2k}}{W_0} \quad (\text{A.0.4-1})$$

式中：

$M_{1k}$ ——第一阶段荷载标准组合下在计算截面产生的弯矩值，取  $M_{1k}=M_{1Gk}+M_{1Qk}$ ，此处， $M_{1Gk}$  为预制底板自重和叠合层自重标准值在计算截面产生的弯矩值， $M_{1Qk}$  为第一阶段施工活荷载标准值在计算截面产生的弯矩值；

$M_{2k}$ ——第二阶段荷载标准组合下在计算截面上产生的矩值，取  $M_{2k}=M_{2Gk}+M_{2Qk}$ ，此处  $M_{2Gk}$  为面层吊顶等自重标准值在计算截面产生的弯矩值， $M_{2Qk}$  为使用阶段可变荷载标准值在计算截面产生的弯矩值；

$W_{01}$ ——预制底板换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩；

$W_0$ ——叠合板换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩，此时，叠合层的混凝土截面面积应按弹性模量比换算成蒸压加气混凝土的截面面积。

**A.0.5** 叠合板应进行正常使用极限状态下的挠度验算，按荷载标准组合并考虑长期作用影响的刚度可按下式计算：

$$B = \frac{M_k}{\left(\frac{B_{s2}}{B_{s1}} - 1\right) M_{1Gk} + M_q + M_k} B_{s2} \quad (\text{A.0.5-1})$$

$$M_k = M_{1Gk} + M_{2k} \quad (\text{A.0.5-2})$$

$$B_{s1} = 0.85 E_c I_{01} \quad (\text{A.0.5-3})$$

$$B_{s2} = 0.7 E_c I_0 \quad (\text{A.0.5-4})$$

式中：

$M_k$ ——按荷载的标准组合计算的跨中最大弯矩值；

$M_q$ ——按荷载的准永久组合计算的跨中最大弯矩值；

$I_{01}$ ——预制底板换算截面的惯性矩；

$I_0$ ——叠合板换算截面的惯性矩。

**A.0.6** 叠合板在使用阶段的预应力反拱值可按本规程 4.3.5 条的规定计算。

## 附录 B 蒸压加气混凝土板内钢筋自应力

**B.0.1** 蒸压加气混凝土板内钢筋的初始自应力值可按下式计算：

$$\sigma_P = E_s (\alpha_s - \alpha_a) \Delta t \quad (\text{B.0.1-1})$$

式中： $\sigma_P$  —— 蒸压加气混凝土板内钢筋的初始自应力；  
 $E_s$  —— 钢筋弹性模量；  
 $\alpha_s$  —— 钢筋的线膨胀系数，取值  $12 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$ ；  
 $\alpha_a$  —— 蒸压加气混凝土的线膨胀系数，取值  $8 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$ ；  
 $\Delta t$  —— 蒸压加气混凝土蒸养温度与正常使用温度的差值。

**B.0.2** 蒸压加气混凝土板内钢筋的初始自应力值可按表 B.0.2 选用。

表 B.0.2 蒸压加气混凝土板内钢筋的初始自应力值

钢筋品种	HPB300	HRB400	CRB600H
板内钢筋的自应力	147	140	133

注：表中数值按蒸压加气混凝土蒸养温度  $195^\circ\text{C}$  正常使用温度  $20^\circ\text{C}$  计算。

**B.0.3** 蒸压加气混凝土板内钢筋的自应力损失终极值可取初始自应力值的 40%。

## 本规程用词说明

1 为便于执行本规程条文时区别对待，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样做的用词：采用“**可**”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的，写法为：“**应符合. . . . . 的规定**”或“**应按. . . . . 执行**”。

## 引用标准名录

- 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 《建筑设计防火规范》 GB50016
- 《民用建筑热工设计规范》 GB 50176
- 《公共建筑节能设计标准》 GB 50189
- 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》 GB 50325
- 《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566
- 《蒸压加气混凝土板》 GB/T 15762
- 《蒸压加气混凝土性能试验方法》 GB/T 11969
- 《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》 GB/T 228.1
- 《钢筋混凝土用钢筋焊接网》 GB/T 1499.3
- 《金属材料 弯曲试验方法》 GB/T 232
- 《碳素结构钢》 GB/ T 700
- 《蒸压加气混凝土应用技术标准》 JGJ 17
- 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》 JGJ 26
- 《蒸压加气混凝土板钢筋涂层防锈性能试验方法》 JC/T 855
- 《焊接网混凝土结构技术规程》 JGJ 114

中国工程建设标准化协会标准

# 蒸压加气混凝土楼屋面板应用技术规程

T/CECSXXX:2021

条文说明