62644 17/19

全国民用建筑工程设计技术措施
节能专篇

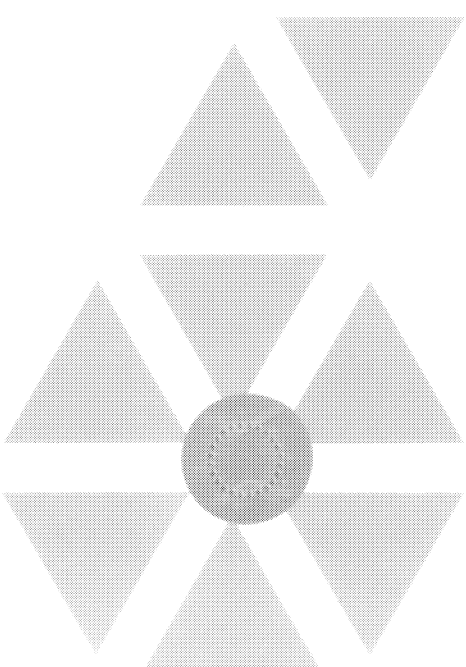
2007

JSCS

结构

National Technical Measures for Design of Civil Construction
Special Edition—Energy Conservation

Structure



建设部工程质量安全监督与行业发展司
Department of Construction Quality, Safety Supervision
and Construction Industry Development Ministry of Construction P.R.C.

中国建筑标准设计研究院
CHINA INSTITUTE OF BUILDING STANDARD DESIGN & RESEARCH

2007
全国民用建筑工程设计技术措施
节能专篇

结构
Structure

建设部工程质量安全监督与行业发展司
中国建筑标准设计研究院

图书在版编目（CIP）数据

全国民用建筑工程设计技术措施：节能专篇：2007.结构/建设部工程质量安全监督与行业发展司，中国建筑标准设计研究院编. —北京：中国计划出版社，2007.3
ISBN 978-7-80177-770-6

Ⅰ.全… Ⅱ.①建…②中… Ⅲ.①民用建筑—建筑设计②民用建筑—节能—结构设计 Ⅳ.TU24

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 015297 号

全国民用建筑工程设计技术措施
节能专篇（2007）
结　构
建设部工程质量安全监督与行业发展司
中国建筑标准设计研究院
☆
中国计划出版社出版、发行
（地址：北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层）
（邮政编码：100038　电话：63906433　63906381）
北京国防印刷厂印刷

889×1194 毫米　1/16　4.75 印张　125 千字
2007 年 3 月第一版　2007 年 3 月第一次印刷
印数 1—20000 册
☆
ISBN 978-7-80177-770-6
定价：21.00 元

关于发布《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》的通知

建质［2006］277号

各省、自治区建设厅，直辖市建委，总后营房部，新疆生产建设兵团建设局，国务院有关部门建设司：

为指导全国建筑设计单位进行建筑节能设计，我部组织中国建筑标准设计研究院等单位编制了《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》，包括《建筑》、《结构》、《给水排水》、《暖通空调·动力》、《电气》五个分册，并已审查。现予发布。

中华人民共和国建设部

二〇〇六年十一月九日

《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》编委会

主 任 委 员： 吴慧娟

副主任委员： 赵宏彦　王文艳

委　　员：（按姓氏笔画为序）

左亚洲　田有连　孙　英　朱　茜　李雪佩　李晓明　何玉如
陈富生　吴学敏　杨仕超　张树君　张　兢　罗继杰　郎四维
洪元颐　贾　苇　舒世安　温伯银　詹　谊　蔡镇钰

《结　　构》

编写组负责人： 李晓明

编 写 组 成 员：（按姓氏笔画为序）

王晓锋　李洪泉　苏宇峰　沙志国　周炳章　徐有邻　张　煜
张前国　蒋勤俭　董　宏　蔡玉春

主　审　人： 吴学敏　陈富生

审 查 组 成 员：（按姓氏笔画为序）

丁永君　王立军　王聪慧　马建勋　刘宜靖　仲继寿　陈远椿
陈禄如　陈锡智　陈燕明　吴耀华　张运田　张小玲　姜学诗
赵　麟　杨家骥　高永孚　陶有生　殷芝霖

参 编 单 位：（按章节先后为序）

中国建筑设计研究院结构专业设计研究院
北京市建筑设计研究院
同济大学材料科学与工程学院
辽宁省建筑科学研究院
北京市丰台区榆树庄构件厂
中国京冶工程技术有限公司
中国建筑科学研究院建筑结构研究所、建筑物理研究所
北京筑都方圆建筑设计有限公司
北京赛博思工业化住宅集成系统工程有限公司
北京工业大学建筑工程学院

前言

《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》（2007）是由建设部工程质量安全监督与行业发展司组织中国建筑标准设计研究院等单位编制的一套以指导全国建筑设计单位进行建筑节能设计的技术文件，是对《全国民用建筑工程设计技术措施》（2003）节能设计部分内容的补充、深化、汇总和完善，是节能设计标准的细化与延伸。《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》（2007）包括《建筑》、《结构》、《给水排水》、《暖通空调·动力》、《电气》五个分册，内容基本涵盖目前可应用于工程建设节能技术的全部内容。编制的目的是为了大力推行和实施建筑节能，建设资源节约型社会和环境友好型社会，在工程建设中进一步贯彻落实建筑节能设计标准，指导工程设计人员正确选择和应用成熟的节能技术，进行建筑节能设计，推动建筑节能工作的开展。本套节能技术措施可供全国各设计单位参照使用，也可供有关建筑管理部门、建设单位和教学、科研、施工、监理等人员参考。

《结构》分册所编入的内容，主要是在我国工程实践中应用多年、成熟或比较成熟的新型墙体材料的性能要求；以及围护墙体的构造和与主体结构连接的主要要求和构造措施。此外，还包括近年来得到发展的，与节能相关的新型墙体和楼（屋）盖技术。由于我国各地气候环境、技术、经济发展水平的差异，在选用本技术措施时应因地制宜，根据具体情况确定。

本分册分为：总则；常用墙体材料规格及技术要求；砌体结构围护墙体的连接与构造；混凝土结构围护墙体的连接与构造；钢结构围护墙体的连接与构造；外墙外保温系统与基层墙体的连接要求等六章。此外，附录中介绍了楼（屋）盖、免拆模混凝土墙体以及本分册主要依据的标准规范。

本分册编写组的具体分工如下：

第1章　李晓明

第2章　周炳章　苏宇峰　蒋勤俭　张　煜　董　宏　张前国

第3章　周炳章　苏宇峰　李洪泉

第4章　苏宇峰　蒋勤俭　沙志国

第5章　张　煜　苏宇峰　蔡玉春

第6章　周炳章

附录A　王晓峰　苏宇峰　沙志国　周炳章　董　宏

附录B　徐有邻　王晓峰

本分册的编制，得到全国许多设计、教学、科研及生产单位的大力支持和具体帮助。专家们提出了许多宝贵意见和建议，提供了宝贵的资料和数据，在此致以衷心和诚挚的感谢。

由于节能技术正处于发展阶段，节能措施的实施条件与效果又受到地域、经济发展等诸多因素的影响，加之编制工作量大、时间仓促，因此，本分册所涵盖的内容和深度还不够，有不少内容有待于补充和完善，也难免存在一些问题和不足，敬请批评指正，以便我们今后修订和更新。

联系地址：北京市西城区车公庄大街19号
中国建筑标准设计研究院
邮　　编：100044
联系电话：(010) 88361155 - 115
联 系 人：李晓明
E-mail：lixm@ chinabuilding. com. cn
网　　址：www. chinabuilding. com. cn　国家建筑标准设计网

《结构》分册编写组

二〇〇七年一月

目录

1 总　　则 …… (1)

2 常用墙体材料规格及技术要求 …… (2)

2.1 墙体块材 …… (2)

2.2 墙体板材 …… (11)

2.3 常用墙体材料的综合评述 …… (16)

3 砌体结构围护墙体的连接与构造 …… (21)

3.1 单一材料砌体结构围护墙体 …… (21)

3.2 复合保温砌块围护墙体 …… (21)

3.3 夹芯墙围护墙体 …… (22)

3.4 蒸压加气混凝土砌块砌体结构 …… (23)

4 混凝土结构围护墙体的连接与构造 …… (26)

4.1 基本规定 …… (26)

4.2 砌体围护墙体与混凝土结构的连接与构造 … (26)

4.3 蒸压加气混凝土板材与混凝土结构的连接与构造 …… (28)

4.4 非承重预制混凝土外墙板与混凝土结构的连接与构造 …… (31)

5 钢结构围护墙体的连接与构造 …… (36)

5.1 基本规定 …… (36)

5.2 砌体围护墙体与钢结构的连接与构造 …… (36)

5.3 金属复合板材与钢结构的连接与构造 …… (37)

5.4 蒸压加气混凝土板材与钢结构的连接与构造 …… (38)

6 外墙外保温系统与基层墙体的连接要求 …… (40)

6.1 一般规定 …… (40)

6.2 粘结型外保温系统与基层墙体的连接要求 … (40)

6.3 外墙外保温系统用塑料锚栓的技术要求 …… (41)

附录A 楼（屋）盖 …… （45）
A.1 基本规定 …… （45）
A.2 地面辐射供暖混凝土楼板 …… （45）
A.3 聚苯模板混凝土楼（屋）盖 …… （46）
A.4 现浇空心楼（屋）盖 …… （47）
A.5 预应力叠合楼（屋）盖 …… （49）
A.6 加气混凝土屋面板 …… （50）
A.7 坡屋面 …… （51）
附录B 免拆模混凝土墙体 …… （53）
B.1 聚苯模板混凝土墙体 …… （53）
B.2 建筑模网混凝土墙体 …… （56）
B.3 模壳格构混凝土墙体 …… （59）
主要依据的标准规范 …… （62）

1 总 则

1.0.1 为落实建筑节能政策，推广民用建筑节能新技术、新工艺、新材料，合理选用民用建筑节能技术，提高建筑节能的设计水平，编制了《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》。

1.0.2 进行结构设计时，结构工程师应考虑建筑节能，积极配合建筑专业优先选用新型墙体材料并采取合理的构造措施，使建筑的围护结构在满足节能标准的同时，保证自身的构造合理，以及与主体结构的连接安全。

1.0.3 本专篇适用于下列地区的新建、改建和扩建的工程：

1）非抗震设防地区和抗震设防烈度为8度以及8度以下的地区。

2）各气候分区，包括严寒、寒冷、温和、夏热冬冷和夏热冬暖地区。

1.0.4 使用本专篇时应根据当地自然条件和传统做法，因地制宜，合理地选用围护墙体的材料及其相关技术，并符合相关标准规范的规定。

1.0.5 本分册提供的技术措施，有一部分是尚处在发展阶段的新技术。随着研究工作的继续深入，许多技术将不断完善，并更新或制定相关的标准、规范。此时，设计人员应按新的标准、规范执行。

2 常用墙体材料规格及技术要求

2.1 墙体块材

2.1.1 蒸压加气混凝土砌块（以下简称加气砌块）。

1. 蒸压加气混凝土是以硅质材料（提供 SiO_2）和钙质材料（提供 CaO）为主要原材料，铝粉（膏）为发气剂，经蒸压养护而制成的制品。为与其他蒸养制品（养护温度一般不大于100℃）不混淆，可简称为加气混凝土，制成的砌块简称为加气砌块。

2. 加气砌块可根据以下条件进行分类：

1）按原材料可分为砂加气混凝土（以水泥、石灰、砂为主要原材料）和粉煤灰加气混凝土（以水泥、石灰、粉煤灰为主要原材料）。以上两种砌块的材性基本相似，均执行国家标准《蒸压加气混凝土砌块》GB 11968—1997。

2）按受力性能或使用功能可分为承重、非承重以及保温砌块。

3. 加气砌块常用的规格尺寸见表2.1.1-1。

表2.1.1-1 加气砌块的规格尺寸（mm）

长度 L	厚度 B	高度 H
600	100，120，125， 150，180，200， 240，250，300	200，240，250，300

注：如需要其他规格，可由供需双方协商解决。

4. 加气砌块的级别按强度和干密度区分，其级别分别是：

加气砌块的强度级别有：A1.0，A2.0，A2.5，A3.5，A5.0，A7.5，A10七个级别；

加气砌块的干密度级别有：B03，B04，B05，B06，B07，B08六个级别。

加气砌块的抗压强度、干密度和等级品之间的关系见表2.1.1-2。

表2.1.1-2 抗压强度、干密度和等级品的关系

干密度级别		B03	B04	B05	B06	B07	B08
干密度（kg/m^3）	优等品≤	300	400	500	600	700	800
	合格品≤	325	425	525	625	725	825
强度级别	优等品≥	A1.0	A2.0	A3.5	A5.0	A7.5	A10.0
	合格品≥			A2.5	A3.5	A5.0	A7.5

5. 加气砌块在作非承重墙体时，以 B05 和 B06 级、A2.5 和 A3.5 为主；作承重结构时，宜采用 A5.0 以上；作墙体或屋面保温用时，宜采用低密度级别的产品，如 B03、B04。

6. 加气砌块及其砌体应具备以下力学和物理性能：

1）表征加气砌块内在质量的指标主要是干燥收缩值、抗冻性和导热系数（干态）三项，其值应满足《蒸压加气混凝土砌块》GB 11968—1997 的要求。在生产过程中，原材料只有进行了充分的化学反应，生成了稳定的化学物质，以及制品中气孔的形状、大小和分布合理，才能使加气砌块符合这三项指标的要求。

2）加气混凝土的力学性能。加气混凝土在气干工作状态下的强度标准值见表 2.1.1-3，加气砌块砌体的抗压强度设计值、沿通缝截面的抗剪强度设计值见表 2.1.1-4 和表 2.1.1-5，砌体弹性模量见表 2.1.1-6。

表 2.1.1-3 加气混凝土的抗压、抗拉强度标准值（N/mm^2）

强度种类	符　号	强度等级			
		A2.5	A3.5	A5.0	A7.5
抗压强度	f_{ck}	1.80	2.40	3.50	5.20
抗拉强度	f_{tk}	0.16	0.22	0.31	0.47

注：本表抗压强度标准值用于板材和砌块，抗拉强度标准值仅用于板材。

表 2.1.1-4 每皮高度 250mm 的砌体抗压强度设计值（N/mm^2）

砂浆强度等级	加气混凝土强度等级			
	A2.5	A3.5	A5.0	A7.5
M2.5	0.67	0.90	1.33	1.95
≥M5	0.73	0.97	1.42	2.11

注：1. 有系统的试验数据时可另定。

2. 当砌块高度大于 250mm，小于 180mm，长度大于 600mm 时，其砌体抗压强度 f 应按《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17 的要求进行修正。

表 2.1.1-5 砌体沿通缝截面的抗剪强度设计值（N/mm^2）

砂浆强度等级	f_v
M2.5	0.03
≥M5	0.05

注：采用专用砂浆和粘结剂时，可根据试验数据酌定。

表 2.1.1-6 每皮高度（250mm）的砌体弹性模量（N/mm^2）

砂浆强度等级	加气混凝土强度等级			
	A2.5	A3.5	A5.0	A7.5
M2.5	1100	1480	2000	2400
≥M5	1180	1600	2200	2600

3）加气砌块的热工计算参数和热工性能宜按《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17 确定和选用。

4）加气砌块的耐火性能良好，是非燃烧体，在空气中受到火烧或高温作用时不起火、不燃烧、不碳化。

5）加气砌块墙体的隔声性能可满足实际应用要求。

加气混凝土的隔声和耐火性能参见《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17 附录。

7．砌筑砂浆。

加气砌块的砌筑砂浆可分为三种类型。不同种类的砌筑砂浆对砌体的抗压强度和弹性模量影响不大，但对砌体的通缝抗剪强度影响较大。

1）普通水泥砂浆或混合砂浆：砂浆灰缝通常为 10～15mm。其砌体沿通缝截面的抗剪强度较小。砌筑施工时，可对砌块进行适当浇水。

2）专用砂浆：其质量应符合行业标准《蒸压加气混凝土用砌筑砂浆与抹面砂浆》JC 890—2001 的要求。由于目前缺少系统的试验数据，尚不能统一给出采用专用砂浆砌筑的砌体通缝抗剪强度设计值。专用砂浆一般用中砂配制，砌筑灰缝通常为 10～15mm。砌筑时不应对加气砌块进行浇水处理。

3）薄层砂浆：也称粘结剂，是专用砂浆中特殊的一种，为添加高效保水剂改性的水泥砂浆。应用粘结剂时，加气砌块宜符合《蒸压加气混凝土砌块》GB 11968—1997 中对优等品的尺寸偏差要求。其砌体沿通缝截面的抗剪强度较高。粘结剂中应采用细砂配制，砌筑灰缝要求控制在 3～5mm。砌筑时不应对加气砌块进行浇水处理。

2.1.2 复合保温砌块。

1．由内层承重混凝土小型空心砌块、外层装饰砌块和中间层的保温板通过齿槽或拉结钢筋相互连接复合而成的砌块，称为复合保温砌块。混凝土小型空心砌块和装饰砌块的一侧一般带有燕尾槽，保温板在两侧均带燕尾槽，或以钢筋作为连接件，在工厂将三层组装成整体，其示意图见图 2.1.2。

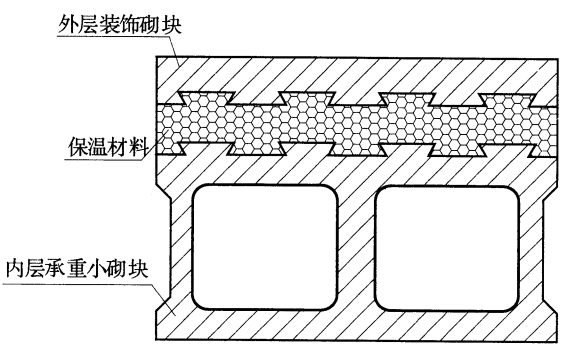


图 2.1.2 复合保温砌块示意图

根据外层装饰砌块外表面的不同，复合保温砌块可区分为劈裂块和平面块两种类型。复合保温砌块的构造和做法，根据各地的气候条件、生产模具及所用的保温材料的不同，有多种规格和形式，但对其所采用的各种连接方式均应通过试验验证。

2．材料要求。

1）内层承重混凝土小型空心砌块可采用普通混凝土小型空心砌块，也可采用轻集料混凝土小型空心砌块。它们应分别满足国家标准《普通混凝土小型空心砌块》GB 8239—1997 及《轻集料混凝土小型空心砌块》GB/T 15229—2002 的要求。

2）保温材料可采用阻燃型聚苯乙烯泡沫塑料板（EPS 板），也可采用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板（XPS 板）或其他高效保温板材。当采用 EPS 板时，其容重应≥20kg/m^3，导热系数≤0.041W/（m·K）；当采用 XPS 板时，其容重应为 25～30kg/m^3，导热系数≤0.03W/（m·K）。

3）外层装饰砌块可采用各种不同的纹理及色彩。

4）拉结钢筋应采用经过防腐处理的、符合国家标准的热轧钢筋，也可采用不锈钢材。

3. 主要规格。

1）内层承重混凝土小型空心砌块的主要规格见本章2.1.3条。

2）外层装饰砌块的厚度一般在25～50mm之间，可根据生产工艺的要求确定厚度。

3）保温材料的厚度应根据不同保温材料的导热系数及各地节能标准的要求确定。

2.1.3 混凝土空心砌块。

1. 普通混凝土小型空心砌块（以下简称小砌块）。

1）等级。小砌块按其强度等级划分为MU5.0、MU7.5、MU10、MU15、MU20五个等级；按其尺寸偏差和外观质量分为优等品（A）、一等品（B）和合格品（C）三个等级。

2）规格及外形尺寸。小砌块外形尺寸宜采用标准外形尺寸系列，又称为主规格尺寸系列，包括小砌块的主规格尺寸和辅助规格尺寸（或副规格尺寸）。其具体表述如下：

①外形宽度主规格尺寸为190mm，辅助规格尺寸为90mm；

②外形高度主规格尺寸为190mm，辅助规格尺寸为90mm；

③外形长度主规格尺寸为390mm，辅助规格尺寸包括190mm和290mm，特殊情况下也可采用90mm。

3）性能。

①相对含水率。小砌块的相对含水率是控制收缩变形的重要指标，应符合表2.1.3－1的规定。

表2.1.3－1 小砌块的相对含水率（%）

使用地区	潮　湿	中　等	干　燥
相对含水率不大于	45	40	35

注：潮湿指年平均相对湿度大于75%的地区；中等指年平均相对湿度50%～75%的地区；干燥指年平均相对湿度小于50%的地区；下同。

②抗渗性。用于有抗渗要求部位的小砌块，其抗渗性应满足表2.1.3－2的规定。

表2.1.3－2 小砌块的抗渗性（mm）

项目名称	指　标
水面下降高度	三块中任意一块不大于10

③抗冻性。小砌块的抗冻性应符合表2.1.3－3的规定。

表2.1.3－3 小砌块的抗冻性

使用环境条件		抗冻标号	指　标
非采暖地区		不规定	—
采暖地区	一般环境	F15	强度损失≤25% 质量损失≤5%
	干湿交替环境	F25	

注：非采暖地区指最冷月份平均气温高于－5℃的地区；采暖地区指最冷月份平均气温低于或等于－5℃的地区，下同。

④其他性能。部分单排孔小砌块的其他性能参考值如表 2.1.3－4 所示。

表 2.1.3－4　部分单排孔小砌块的性能参考值

小砌块名称	性能指标	参考数值
190mm 厚普通砌块	重量/块	约 17kg
	热阻	$R=0.2m^2\cdot K/W$
90mm 厚普通砌块	热阻	$R=0.14m^2\cdot K/W$

2．轻集料混凝土小型空心砌块（以下简称轻集料小砌块）。

1）轻集料要求。轻集料包括粘土陶粒和陶砂、页岩陶粒和陶砂、粉煤灰陶粒和陶砂、浮石、火山渣、煤渣、自燃煤矸石、膨胀矿渣珠、膨胀珍珠岩等。轻集料除粒径不宜大于 100mm 外，还应符合《轻集料及其试验方法　第 1 部分：轻集料》GB/T 17431.1—1998 的规定。膨胀珍珠岩应符合《膨胀珍珠岩》JC 209—92 的规定，且堆积密度不宜低于 80kg/m³。

2）规格。主规格尺寸为 390mm×190mm×190mm，其他规格尺寸可由供需双方商定。

3）密度等级。密度等级 500～1400kg/m³，其规定值允许最大偏差为 100kg/m³。

4）强度等级。轻集料小砌块强度等级应符合表 2.1.3－5。

表 2.1.3－5　轻集料小砌块强度等级（MPa）

强度等级	轻集料小砌块抗压强度		密度等级范围（kg/m³）
	平均值	单块最小值	
3.5	≥3.5	2.8	≤1200
5.0	≥5.0	4.0	
7.5	≥7.5	6.0	≤1400
10.0	≥10.0	8.0	

5）吸水率、相对含水率和干燥收缩率。

①轻集料小砌块的吸水率不应大于 20%；

②轻集料小砌块的干缩率和相对含水率应符合表 2.1.3－6 的要求。

表 2.1.3－6　轻集料小砌块相对含水率（%）

干燥收缩率	相对含水率≤		
	潮湿	中等	干燥
<0.030	45	40	35
0.030～0.045	40	35	30
>0.045～0.065	35	30	25

6）抗冻性。

轻集料小砌块的抗冻性应符合表 2.1.3－7 的要求。

表 2.1.3-7 轻集料小砌块抗冻性

使用条件	抗冻等级	质量损失（%）	强度损失（%）
非采暖地区	F15	≤5	≤25
采暖地区 相对湿度≤60% 相对湿度＞60%	 F25 F35		
水位变化，干湿循环或粉煤灰掺量≥取代水泥量 50% 时	≥F50		

注：抗冻性合格的轻集料小砌块的外观质量也应符合要求。

7）碳化系数和软化系数。加入粉煤灰等掺和料的轻集料小砌块，其碳化系数不应小于 0.8，软化系数不应小于 0.75。

8）放射性。放射性应符合《建筑材料放射性核素限量》GB 6566—2000 的规定。

3．粉煤灰小型空心砌块（以下简称粉煤灰小砌块）。

1）规格。主规格尺寸为 390mm×190mm×190mm，其他规格尺寸可由供需双方商定。

2）强度等级。强度等级可分为 MU2.5、MU3.5、MU5.0、MU7.5、MU10、MU15。

3）碳化系数。优等品不应小于 0.80，一等品不应小于 0.75，合格品不应小于 0.70。碳化系数的试验按《混凝土小型空心砌块检验方法》GB/T 4111—1997 进行。

4）干燥收缩率。干燥收缩率不应大于 0.060%。

5）抗冻性。抗冻性应符合表 2.1.3-8 的要求。

表 2.1.3-8 粉煤灰小砌块抗冻性

使用环境条件		抗冻标号	指　标
非采暖地区		不规定	—
采暖地区	一般环境	F15	强度损失≤25% 质量损失≤5%
	干湿交替环境	F25	

6）软化系数。粉煤灰小砌块的软化系数不应小于 0.75。

7）放射性。粉煤灰小砌块的放射性应符合《掺工业废渣建筑材料产品放射性物质控制标准》GB 9196—88 的规定。

2.1.4 多孔砖砌体材料。

1．烧结多孔砖。

以粘土、页岩、煤矸石或粉煤灰为原料的烧结多孔砖产品规格、性能要求应执行国家标准《烧结多孔砖》GB 13544—2000。其他规格可根据生产和使用情况参照执行，必要时应补充试验，经研究后确定技术性能要求。

1）规格。按照烧结多孔砖国家标准，砖的外形为直角六面体，其主要规格尺寸见表 2.1.4-1。

表 2.1.4-1　烧结多孔砖的主要规格尺寸（mm）

多孔砖分类	基本砖型规格			常用墙体厚度	
	长	宽	高		
P 型多孔砖	240	115	90	承重	240、370
				非承重	120
M 型模数多孔砖	190	190	90	承重	200、250、300、350
				非承重	100、150

2）孔洞。烧结多孔砖的孔洞率应大于等于 25%。

3）强度等级。根据抗压强度分为 MU30、MU25、MU20、MU15 和 MU10 五个强度等级；根据尺寸偏差、外观质量、强度等级和物理性能分为优等品（A）、一等品（B）和合格品（C）三个等级。

4）物理性能。烧结多孔砖的物理性能应符合表 2.1.4-2 的规定。

表 2.1.4-2　烧结多孔砖物理性能

项　　目	鉴别指标
冻融	不允许出现裂纹、分层、掉皮、缺棱掉角等现象
泛霜	优等品：无泛霜； 一等品：不允许出现中等泛霜； 合格品：不允许出现严重泛霜
石灰爆裂	优等品：不允许出现最大尺寸为 2mm 的爆裂区域； 一等品： ①最大破坏尺寸 >2mm 且 <10mm 的爆裂区域每组砖样不得多于 15 处； ②不允许出现最大破坏尺寸 >10mm 的爆裂区域 合格品： ①最大破坏尺寸≥15mm 的爆裂区域，每组砖样不得多于 15 处，其中大于 10mm 的不多于 7 处； ②不允许出现最大破坏尺寸 >15mm 的爆裂区域
吸水率	严重风化区平均值≤21%，单块最大值≤23%； 非严重风化区平均值≤23%，单块最大值≤25%
放射性物质	应符合国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566—2001 的规定

2. 混凝土多孔砖。

1）规格。混凝土多孔砖外形尺寸为直角六面体，其平行条面方向至少有两排孔。主规格尺寸为 240mm×115mm×90mm。如用户需要其他规格，可与生产厂协商确定，但长度、宽度、高度应符合表 2.1.4-3 的要求。其最小外壁厚度不应小于 15mm，最小肋厚不应小于 10mm，孔洞率不小于 30%。混凝土多孔砖按尺寸偏差分为一等品（B）和合格品（C）两个等级。

表 2.1.4-3 混凝土多孔砖的规格尺寸（mm）

项目		指标
规格尺寸	长度	290、240、190、180
	宽度	240、190、115、90
	高度	115、90

2）强度等级。混凝土多孔砖按其强度等级划分为 MU10、MU15、MU20、MU25 和 MU30 五个等级。

3）干燥收缩率与相对含水率。

①混凝土多孔砖交货时，其干燥收缩率不应大于 0.045%；

②不同干燥收缩率时，混凝土多孔砖的相对含水率应符合表 2.1.4-4 的规定。

表 2.1.4-4 混凝土多孔砖的相对含水率（%）

干燥收缩率	相对含水率≤		
	潮湿	中等	干燥
<0.030	45	40	35
0.030~0.045	40	35	30

4）抗渗性。当混凝土多孔砖用于清水墙时，其抗渗性应满足表 2.1.4-5 的规定。

表 2.1.4-5 混凝土多孔砖的抗渗性（mm）

项目名称	指标
水面下降高度	三块中任意一块≤10

5）抗冻性。混凝土多孔砖的抗冻性应满足表 2.1.4-6 的规定。

表 2.1.4-6 混凝土多孔砖的抗冻性

使用环境条件		抗冻标号	指标
非采暖地区		D_{15}	强度损失≤25% 质量损失≤5%
采暖地区	一般环境	D_{15}	
	干湿交替环境	D_{25}	

6）放射性。

掺加工业废渣的混凝土多孔砖，其放射性应符合《建筑材料放射核素限量》GB 6566—2000 的要求。

7）热工性能和隔声性能。

240mm 厚的混凝土多孔砖墙体，热阻值为 0.56m^2·K/W，传热系数为 1.79W/（m^2·K），平均隔声量为 51dB。

2.1.5 实心砖砌体材料。

1. 原材料种类及制作工艺。

1）烧结普通砖是泛指由粘土、页岩、煤矸石或粉煤灰为主要原材料，经过焙烧而成的实心或孔洞率不大于 25% 的砖。

2）蒸压类砖包括蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖，它们都是经过制坯、压制成型、高压蒸汽养护而成的实心砖。灰砂砖的原材料是石灰和砂子，粉煤灰砖的原材料是粉煤灰、石膏和集料。

实心砖砌体是我国应用最为广泛的墙体材料，它具有制作方便，对生产设备要求相对较低，墙体材料易于就地取材等特点，易于在全国广大地区应用。应结合各地自然和资源条件，因地制宜地选用各种实心砖砌体。

2．规格尺寸。

烧结普通砖和蒸压类砖的规格一般均为长240mm、宽115mm、高53mm，另有配砖及装饰砖的规格。

3．强度等级。

烧结普通砖的强度等级可分为MU10、MU15、MU20、MU25、MU30。

蒸压类砖的强度等级可分为MU10、MU15、MU20、MU25。

4．物理性能。

各种原材料的烧结普通砖作为墙体材料时，其物理性能包括：抗风化性能、吸水率、泛霜、石灰爆裂、冻融和放射性等，其鉴别指标见表2.1.5。

表2.1.5　烧结普通砖物理性能

<table>
<tr><th>项目内容</th><th>鉴别指标</th></tr>
<tr><td>冻融</td><td>1．每块砖样不允许出现裂纹、分层、掉皮、缺棱、掉角等冻坏现象；
2．质量损失不大于2%</td></tr>
<tr><td>泛霜</td><td>优等品：每块均无泛霜。
一等品：每块不允许出现中等泛霜。
合格品：每块不允许出现严重泛霜</td></tr>
<tr><td>石灰爆裂</td><td>优等品：不允许出现大于2mm的爆裂区域。
一等品：①爆裂区域大于2mm，小于10mm，每组砖样不多于15处；
②不大于10mm爆裂区域。
合格品：①爆裂区域大于2mm，小于15mm，每组砖样不多于15处，其中大于10mm的不多于7处；
②不允许出现大于15mm的爆裂区域</td></tr>
<tr><td>放射性</td><td>制砖的原材料中，如掺有煤矸石、页岩、粉煤灰及其他工业废料时，其原材料应进行放射性物质检测，应符合《建筑材料用工业废渣放射性物质限制标准》GB 6763的规定</td></tr>
<tr><td>抗风化性能</td><td>严重风化区：
<table>
<tr><th rowspan="2">砖种类</th><th colspan="2">5h沸煮吸水率（%）≤</th><th colspan="2">饱和系数≤</th></tr>
<tr><th>平均值</th><th>单块最大值</th><th>平均值</th><th>单块最大值</th></tr>
<tr><td>粘土砖</td><td>18</td><td>20</td><td rowspan="2">0.85</td><td rowspan="2">0.87</td></tr>
<tr><td>粉煤灰砖①</td><td>21</td><td>23</td></tr>
<tr><td>页岩砖</td><td rowspan="2">16</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">0.74</td><td rowspan="2">0.77</td></tr>
<tr><td>煤矸石砖</td></tr>
</table>
注：①粉煤灰掺入量（体积比）小于30%时，按粘土砖规定判定。</td></tr>
</table>

续表 2.1.5

<table>
<tr><td>项目内容</td><td>鉴别指标</td></tr>
<tr><td>抗风化性能</td><td>非严重风化区：
<table>
<tr><td rowspan="2">砖种类</td><td colspan="2">5h 沸煮吸水率（%）≤</td><td colspan="2">饱和系数≤</td></tr>
<tr><td>平均值</td><td>单块最大值</td><td>平均值</td><td>单块最大值</td></tr>
<tr><td>粘土砖</td><td>19</td><td>20</td><td rowspan="2">0.88</td><td rowspan="2">0.90</td></tr>
<tr><td>粉煤灰砖①</td><td>23</td><td>25</td></tr>
<tr><td>页岩砖</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">0.78</td><td rowspan="2">0.80</td></tr>
<tr><td>煤矸石砖</td></tr>
</table>
注：①粉煤灰掺入量（体积比）小于30%时，按粘土砖规定判定。</td></tr>
</table>

2.2 墙体板材

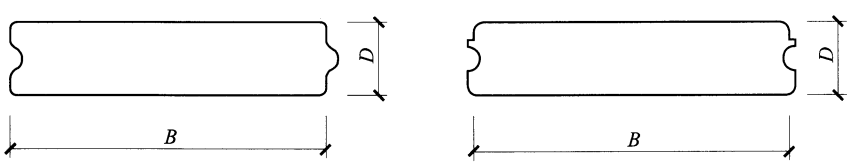
2.2.1 蒸压加气混凝土板（以下简称加气板材）。

1. 蒸压加气混凝土板在生产过程中加入了表面涂防锈剂的焊接钢筋网，提高了加气混凝土的受弯承载力。其性能应符合国家标准《蒸压加气混凝土板》GB 15762—1995 的要求。

2. 加气板材可根据以下条件进行分类：

1）按使用部位可分为外墙板和内墙板。

2）按板材侧面特征，即板材侧面不同形状的槽口，可区分为 T 形、L 形、C 形和平口形板，T 形和 C 形板示意图见图 2.2.1。



（a）T形板　　（b）C形板

图 2.2.1 加气板材侧面槽口形式示意图

3）按安装方式，外墙板可分为外墙横板（与结构柱垂直）和外墙竖板（与结构柱平行）；内墙板一般为垂直安装（与楼地面垂直）。

3. 常用板材的长度可按下列条件确定：

1）外墙横板宜为两相邻结构柱的间距。

2）外墙竖板和内墙板（通常竖向安装）的板长宜为一个层高。

4. 加气板材的宽度宜符合以下要求：

加气板材在工厂的模具中成型，其宽度一般为 600mm。为减少切割量，在建筑设计中宜按 600 的模数进行设计。

5. 加气板材的厚度宜符合以下要求：

加气板材的厚度应根据板材受力、热工和隔声等要求，经计算确定，并应符合表 2.2.1－1 的要求。

表 2.2.1-1　板材厚度要求

构件类别	板材厚度
外墙板	$l/35$ 以上，且≥75mm
内墙板	$l/40$ 以上，且≥75mm

注：l 为板支点间距离。

6. 加气板材应具有以下物理、力学性能：

1）强度要求。加气板材按强度分为 A2.5、A3.5、A5.0、A7.5 四个等级；按干体积密度分为 05、06、07 与 08 四个等级。各种板材的强度要求见表 2.2.1-2。受弯板材的承载能力应根据试验确定。

表 2.2.1-2　板材的强度要求

板材类型	抗压强度级别
外墙板	A2.5 以上
隔墙板	A2.5 以上

2）加气板材的热工性能参数。加气板材用作围护墙体时，其材料的导热系数和蓄热系数计算值参见《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17。

3）加气板材的隔声和耐火性能参见《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17。

2.2.2　预制混凝土外墙板。

1. 预制混凝土外墙板可根据以下条件进行分类：

1）按制作墙板用混凝土的容重可分为普通混凝土墙板（容重为 2000～2500kg/m^3）和轻骨料混凝土墙板（容重小于 1950kg/m^3）。

2）按形状可分为平板、角板和槽板。

3）按受力特征可分为承重墙板和非承重墙板。

4）按构造可分为单一材料混凝土实心板、空心板和保温复合混凝土墙板。

5）按表面的装饰材料可分为面砖饰面、石材饰面、清水混凝土饰面、彩色露骨料混凝土饰面及涂料饰面等。

6）按规格尺寸可分为标准板和异型板。

7）按建筑立面可分为层间板、横条板、竖条板。

常用的预制混凝土外墙板立面分块方式见图 2.2.2。

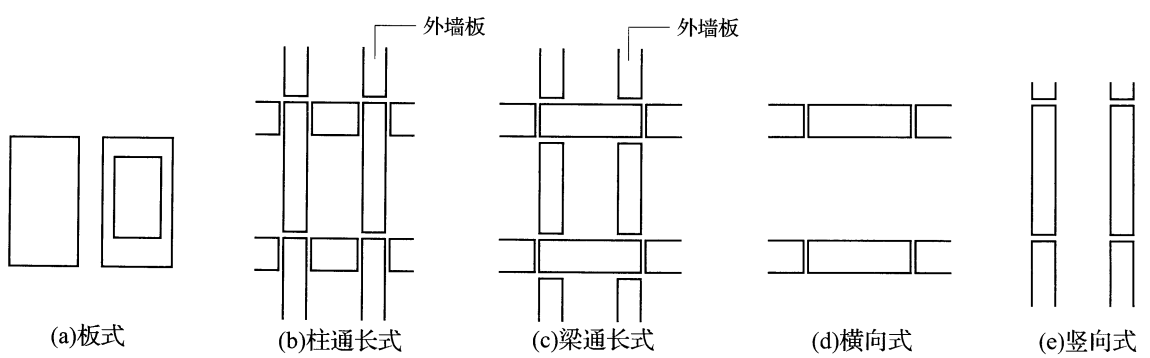


图 2.2.2　常用的预制混凝土外墙板立面分块方式

2. 预制混凝土外墙板的规格宜符合以下要求：

建筑工程中采用预制混凝土外墙板时，应依据工程的柱网、层高及立面要求具体确定混凝土墙板的规格，并做好外墙板的优化设计，将标准化与异型配套的板有机结合，达到理想的技术经济效果。

用作外墙的混凝土板宽度一般与主体结构柱网尺寸一致，或取其1/2、1/3模数；板高度一般为一个层高，特殊情况也可以调整，但不宜超过6000mm，板厚度需根据板的平面尺寸、受力和热工等要求，经计算或试验确定。

常用的预制混凝土外墙板的规格如下：

1）层间板的板高宜为一个层高，宽度宜在4.5m以下。

2）横条板的板高宜为上、下两层窗间距离，宽度一般在6.0m以下。

3）竖条板的板宽宜为左、右两窗间距离，高度为一个层高。

4）实心墙板厚度宜为60～160mm，保温复合墙板厚度宜为180～240mm。

5）轻骨料混凝土条板的宽度宜为600mm，长度宜控制在4000mm以下，厚度宜为50、60、75、90、120、150、180mm等。

3. 预制混凝土外墙板宜采用强度等级为C25～C50的普通混凝土或CL20～CL30的轻骨料混凝土。有装饰要求的混凝土所采用的水泥和骨料应根据具体工程设计要求确定。

制作墙板的材料应因地制宜，就地取材，充分利用工业废料，并尽可能地采用各种天然的或人工的轻质材料。

4. 非承重的预制混凝土外墙板应满足以下物理力学性能的要求。

作为建筑围护墙体的非承重外墙板应满足相关物理力学性能的要求，如：自承重、抗风压、抗震、水密、气密、隔声、保温、隔热、耐火或耐热变形、防结露等。此外，单块板的面积和重量还应满足工厂生产和现场施工的要求，面层装饰材料应具有良好的耐候性，便于在使用过程中的清洁和维护。其基本性能要求如下：

1）结构性能。构件的结构性能应满足国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2002的相关要求。

2）保温隔热性能。预制混凝土外墙板的保温隔热性能应满足国家规定的外墙节能标准要求。墙体保温可采用夹芯保温复合墙板构造，也可以采用单一混凝土墙板与内保温或外保温系统复合的墙体构造。

外墙板保温、隔热性能可采用传热系数或传热阻来表示，该值应根据国家对各地区节能设计要求进行设定。普通混凝土或轻骨料混凝土外墙板中间夹50～100mm厚聚苯乙烯泡沫塑料板（EPS板）时，其传热系数可达0.53～0.99W/（m^2·K），可以满足我国大部分地区的保温要求。常用预制混凝土外墙板的热工性能见表2.2.2。

表2.2.2 常用预制混凝土外墙板的热工性能

类　别	板厚（mm）	EPS板厚（mm）	热阻值（m^2·K/W）	传热系数［W/（m^2·K）］
普通混凝土板	180	50	1.01	0.99
	200	60	1.17	0.85
	220	80	1.50	0.66

续表 2.2.2

类　别	板厚（mm）	EPS 板厚（mm）	热阻值（$m^2 \cdot K/W$）	传热系数［$W/(m^2 \cdot K)$］
陶粒混凝土板	180	60	1.25	0.80
	200	80	1.57	0.64
	220	100	1.88	0.53

注：1. 普通混凝土的导热系数 $\lambda = 1.74W/(m \cdot K)$（容重 2450～2550kg/$m^3$），陶粒混凝土 $\lambda = 0.77W/(m \cdot K)$（容重 1800～2000kg/$m^3$）。

2. EPS 板的导热系数 $\lambda = 0.041W/(m \cdot K)$；如选用其他材料时，可根据其导热系数换算确定各地区的保温隔热性能。

3）防水性能。

混凝土外墙板的防水性能可采用极限压差表示，具体分为活动部分和固定部分两种，外墙板防水的薄弱环节是门窗接缝和外墙板接缝。设计时应明确外墙的水密性能标准和测试要求。

4）装饰性能。

混凝土外墙板应保证其饰面材料的耐久性和使用安全性要求。

2.2.3 金属面夹芯板。

1．板型。

金属面夹芯板是指金属面板、底板与保温芯材通过粘结剂复合而成的保温复合围护板材。根据芯材的不同，可分为金属面聚苯乙烯夹芯板、金属面硬质聚氨酯夹芯板、金属面岩棉夹芯板三种。

1）金属面聚苯乙烯夹芯板用于墙体的板型可分为 H 形和企口形两种。

2）金属面硬质聚氨酯夹芯板用于墙体的板型可分为凹凸槽形和企口形两种。凹凸槽形通常采用偏心锁钩连接方式，墙板长度宜控制在 6m 以下。企口形板通过专门的锁紧工具，保证板与板间接缝的密封性。企口形板可用于板长 8m 以上的墙面。

3）金属面岩棉夹芯板用于墙体的板型可分为企口形和双槽形两种。

2．规格。

1）金属面聚苯乙烯夹芯板的产品规格应满足行业标准《金属面聚苯乙烯夹芯板》JC/T 689—1998 的规定。板材的长度不宜大于 12m，宽度宜为 1200mm 或 1150mm，厚度宜为 50、75、100、150、200、250mm。产品编号由产品代号 JJB 和规格尺寸组成。

2）金属面硬质聚氨酯夹芯板的产品规格应满足行业标准《金属面硬质聚氨酯夹芯板》JC/T 868—2000 的规定。板材的长度不宜大于 12m，宽度宜为 1000mm，厚度宜为 30、40、50、60、80、100、120mm。产品编号由产品代号 JYJB 和规格尺寸组成。

3）金属面岩棉夹芯板的产品规格应满足行业标准《金属面岩棉、矿渣棉夹芯板》JC/T 869—2000 的规定。板材的长度不宜大于 12m，宽度宜为 900mm 或 1000mm，厚度为 50、80、100、120、150、200mm。产品编号由产品代号 JYB 和规格尺寸组成。

3．材料要求。

1）面材。金属面夹芯板采用的金属面材可为彩色涂层钢板，其基板应采用热镀锌钢板和镀铝锌合金钢板。镀锌层重量双面不应小于 180g/m^2，且每单面不应小于 90g/m^2。板材外表面宜喷涂聚酯树脂漆，内表面喷涂环氧树脂漆。钢板的材质及力学性能应符合《彩色涂层钢板及钢带》GB/T 12754—2006 的规定，墙面板的基板厚度不应小于 0.5mm。

2）芯体材料。

①金属面聚苯乙烯夹芯板的芯体材料为聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）。聚苯乙烯泡沫塑料应符合《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1—2002 的规定，体积密度不应小于 18kg/m^3。

②金属面硬质聚氨酯夹芯板的芯体材料为硬质聚氨酯泡沫塑料。硬质聚氨酯泡沫塑料应符合《建筑物隔热用硬质聚氨酯泡沫塑料》GB/T 3806—1999 的规定，体积密度不应小于 30kg/m^3。

③金属面岩棉夹芯板的芯体材料为岩棉板。岩棉板应符合《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》GB/T 11835—1998 的规定，体积密度不应小于 100kg/m^3。

3）粘结剂。金属面聚苯乙烯夹芯板和金属面岩棉夹芯板的芯材应通过粘结剂和面材粘结。常用的粘结剂可分为聚氨酯粘结剂和改性酚醛胶树脂粘结剂。

金属面硬质聚氨酯夹芯板的芯材聚氨酯泡沫塑料具有优越的粘结性能，可使泡沫芯材和面材间形成牢固的连接键，可不采用其他粘结材料。

4．力学性能。

金属面夹芯板作为墙体围护材料使用时，应满足承载力、挠度、粘结力等力学性能的要求。若作为承重构件使用时，还应满足有关结构设计规范的规定。

1）承载力。金属面夹芯板的承载力应根据金属面板和芯体材料的强度综合决定。常用芯体材料的主要强度性能指标应满足表 2.2.3-1 的要求。

表 2.2.3-1　各种芯体材料的强度性能指标（MPa）

芯材种类	聚苯乙烯泡沫塑料	硬质聚氨酯泡沫塑料	岩棉
抗压强度（在 10% 变形下的压缩应力）	≥0.15	≥0.30	—
抗拉强度	≥0.22	≥0.25	>0.05

2）挠度。金属面夹芯板的抗弯性能可通过最大挠度变形限值来表示。

当金属面聚苯乙烯夹芯板或金属面岩棉夹芯板的受弯承载力为 0.5kN/m^{2}时，其变形应满足：

$$a \leqslant [a] = L_0/250$$

当金属面硬质聚氨酯夹芯板的受弯承载力为 0.5kN/m^{2}时，其变形应满足：

$$a \leqslant [a] = L_0/200$$

式中　a——实测挠度值（mm）；

$[a]$——标准规定的挠度限值（mm）；

L_0——支座间的距离（mm）。

3）粘结性能。金属面聚苯乙烯夹芯板的粘结强度应大于 0.1MPa。金属面硬质聚氨酯夹芯板的粘结强度应大于 0.09MPa；剥离性能实验时，粘结在面材上的芯材应均匀分布，每个剥离面的粘结面积应大于 85%。金属面岩棉夹芯板的粘结强度应大于 0.06MPa，剥离性能实验时，粘结在面材上的纤维应均匀分布，每个剥离面的粘结面积应大于 85%。

5．物理性能。

金属面夹芯板应满足保温、隔热、隔声、耐火等物理性能的要求。

1）密度。芯体材料的密度对强度、导热系数和原材料的消耗量有直接影响。密度越大，强度越高，承载能力会越强；但密度越大，导热系数会增大，材料的消耗也会增大。所以，应从生产工艺、产品性能、经济指标等方面综合考虑，选取合理的芯材密度。

2）导热系数。金属面夹芯板的隔热效果较好，其热阻值主要取决于芯材的导热系数。芯材的导热系数与密度、环境温度、含湿率、吸湿状态以及闭孔率等因素有关，所以在实际应用中，导热系数应加以修正。

$$\lambda = b \cdot \lambda'$$

式中 λ——设计采用的导热系数［W/（m·K）］；

λ'——正常条件下测定的导热系数［W/（m·K）］；

b——导热系数修正值。

表 2.2.3-2 金属面夹芯板的导热系数

类　别	导热系数修正值 b	芯材的导热系数 λ'［W/（m·K）］	芯材的工作温度
金属面聚苯乙烯夹芯板	1.3	≤0.041	小于 70℃
金属面硬质聚氨酯夹芯板	1.4	≤0.022	-50～110℃
金属面岩棉夹芯板	1.8	≤0.044	小于 600℃

3）隔声性能和燃烧性。聚苯乙烯泡沫塑料、硬质聚氨酯泡沫塑料、岩棉都有较好的隔声性能及阻燃性，其平均隔声量和燃烧等级应满足表 2.2.3-3 的要求。按我国建筑材料燃烧等级的要求，金属面夹芯板的燃烧等级见表 2.2.3-4。

表 2.2.3-3 芯材的隔声性能、燃烧性

芯材种类	聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）	硬质聚氨酯泡沫塑料	岩棉
平均隔声量（dB）	20～50	25～50	33～50
燃烧等级	B2	B2	A

表 2.2.3-4 金属面夹芯板的燃烧等级

类别	金属面聚苯乙烯夹芯板	金属面硬质聚氨酯夹芯板	金属面岩棉夹芯板
燃烧等级	B2	B2	A

6．热工性能。

1）在进行墙体设计时，应根据当地的节能要求和施工选材条件，合理地选取金属面夹芯板的种类和厚度。由于金属面夹芯板的工程造价偏高，热稳定性能较差，不宜作为严寒地区和对保温隔热性能要求较高的建筑外墙。

2）当用于 0℃以上的墙体时，可选用板厚不大于 100mm 的金属面聚苯乙烯夹芯板或板厚不大于 80mm 的金属面硬质聚氨酯夹芯板；当用于 0℃以下的墙体时，可选用板厚不小于 150mm 的金属面聚苯乙烯夹芯板或板厚不小于 100mm 的金属面硬质聚氨酯夹芯板。金属面岩棉夹芯板主要用于对防火有较高要求的墙体。

2.3 常用墙体材料的综合评述

2.3.1 常用墙体块材的分类。

1．常用墙体块材按成型生产工艺可分为以下几类：

1）烧结类。

2）蒸压类。

3）浇筑类。

2. 常用墙体块材按原材料可分为以下几类：

1）粘土类。

2）硅酸盐类。

3）工业废料类。

2.3.2 各类墙体块材的特点。

由于各类墙体块材的原材料采掘、生产工艺、物理力学性能等各方面的差异，因此形成各自的特点如下：

1. 粘土类多孔砖与传统的实心砖相比，不仅可以节约大约30%左右的粘土，还可节约烧结时的能源消耗，提高块材的保温隔热性能。同时，使用多孔砖还可减轻结构自重，降低基础材料及费用，在抗震设防地区具有减少地震作用效应的功能。在粘土资源丰富的地区，现阶段可用来代替传统的实心砖。

2. 硅酸盐类砖或砌块的取材符合节能原则，它的生产能耗较低。在有砂石资源（包括河砂、山砂等）的地区，可用于代替粘土制品。

3. 蒸压类砖（如：灰砂砖、粉煤灰砖等）的原材料是石灰、粉煤灰和砂。它的制作工艺是逐块压制成型，由于其成型工艺导致压力越大，砖表面越光滑。采用水泥砂浆砌筑时，此类砌体抗压强度很高（一般均在MU15以上），而砌体的剪切强度较低。在抗震设防地区使用应采取适当措施。因此，应控制此类砌体的建造高度，或采用配筋砌体，以满足抗震设防地区的使用要求。

4. 蒸压加气混凝土是一种蒸压类混凝土制品。由于在其生产过程中加入了发泡剂（铝粉），在混凝土内部形成大量的封闭性孔洞，因此较大地降低了材料的干密度，减少了原材料的消耗，保护了资源。同时加气混凝土具有一定的抗压强度，根据其应用技术规程，可用于承重墙材。当它的干密度在300～400kg/m^{3}时，可作为保温材料使用。加气混凝土还具有良好的加工性能，如可锯、可钉、可刨等，方便施工。

2.3.3 各类墙体板材的特点。

1. 墙体板材的集成化程度较高，施工中能减少现场扬尘、减少施工垃圾、减少材料的浪费，施工速度快、质量好，方便冬期施工，保证产品质量，降低建筑能耗，是实行墙体改革、促进建筑工业化、贯彻节能和环保要求的重要途径之一。目前，对于具体工程尚应由专业厂家配合设计人员进行深化设计，研究保证质量的制作工艺及施工方案。

2. 蒸压加气混凝土板的重量轻，具有加气砌块同样的性能，即轻质、高强、耐火时间长、保温隔热性好，可按一定的模数加工成标准条板，较适合用作钢结构的围护墙体。

3. 预制混凝土墙板有较好的耐久性，易于控制施工质量。其表面的装饰材料可采用石材、面砖及装饰混凝土、清水混凝土等，适合用于大型公共建筑的外墙。

4. 各类金属面夹芯板材具有良好的绝热保温性能，便于拆卸，可重复使用，符合节能环保要求；同时自重轻，强度高，板块尺寸大，可减少主承重构件的用钢量；施工方便，避免湿作业，施工工期短；金属板外表面有防腐涂层，具有较高的耐久性和阻燃性；该板广泛适用于各种钢结构的围护墙体。

2.3.4 我国的气候分区及相应的设计要求。

在选用围护墙体材料时，应满足不同地区的热工性能要求。建筑热工设计分区及其设计的要求见表2.3.4。

表 2.3.4　建筑热工设计分区及设计要求

分区名称	分区指标		设计要求
	主要指标	辅助指标	
严寒地区	最冷月平均温度≤ -10℃	日平均温度≤5℃的天数≥145d	必须充分满足冬季保温要求，一般可不考虑夏季防热
寒冷地区	最冷月平均温度 0 ~ -10℃	日平均温度≤5℃的天数为 90 ~ 145d	应满足冬季保温要求，部分地区兼顾夏季防热
夏热冬冷地区	最冷月平均温度 0 ~ 10℃，最热月平均温度 25 ~ 30℃	日平均温度≤5℃的天数为 0 ~ 90d，日平均温度≥25℃的天数为 40 ~ 110d	必须满足夏季防热要求，适当兼顾冬季保温
夏热冬暖地区	最冷月平均温度 > 10℃，最热月平均温度 25 ~ 29℃	日平均温度≥25℃的天数为 100 ~ 200d	必须充分满足夏季防热要求，一般可不考虑冬季保温
温和地区	最冷月平均温度 0 ~ 13℃，最热月平均温度 18 ~ 25℃	日平均温度≤5℃的天数为 0 ~ 90d	部分地区应考虑冬季保温，一般可不考虑夏季防热

2.3.5　围护墙体材料的选用原则。

选用围护墙体的材料时，应综合考虑以下因素：

1．技术经济性统一的原则。

围护墙体材料的设计要兼顾技术先进性和经济合理性的协调统一。制约围护墙体材料价格的因素较多，原材料的选用、使用的生产设备、地域等均可影响材料的价格。应结合当地经济发展水平、气候特征、资源及原材料状况、建筑结构体系特点、建筑节能设计标准等要素来选择具有良好性价比的墙体材料。

2．因地制宜、就地取材原则。

我国地域辽阔，各地区自然条件和经济发展水平的差别较大，各地的自然条件、气候分区、生活习俗差别也较大，在历史的形成过程中更形成了各地的习惯做法。因此，选择围护墙体材料时应当遵守当地政府相关的政策法规，并结合当地的自然资源、气候条件、设备条件、生产和技术条件来选用，因地制宜、就地取材地选择适合本地区的围护墙体材料。

3．对节能效果应综合考虑。

应综合考虑围护墙体材料从开采、加工、制作成型、制成块材的整个生产过程的节能效果，以及建筑物建成后在长期使用过程中的节能性能。

2.3.6　单一材料围护墙体的选用。

单一材料围护墙体是指：仅单一品种的砌体材料作为围护墙体，不需要与高效轻质保温材料复合即能满足当地的热工要求的墙体。在一些地区，当采用本章所述常用材料作为单一材料围护墙体时，只要厚度选用得当，可以满足当地的节能标准的要求。

不同地区适宜的单一材料围护墙体的选用见表 2.3.6。

2.3.7　单一材料围护墙体在不同传热系数限值要求下的最小厚度。

单一材料围护墙体在不同传热系数限值要求下的最小厚度见表 2.3.7。

表 2.3.6　不同地区单一材料围护墙体选用表

分类	材料类型	材料名称	规格尺寸		性能指标			气候分区				适用结构		
			主要尺寸（mm×mm×mm）	辅助尺寸（mm×mm×mm）	强度等级	容重（kg/m³）	导热系数［W/(m·K)］	严寒	寒冷	夏热冬冷	夏热冬暖	砌体结构	混凝土结构	钢结构
块材	实心砖	粘土实心砖	240×115×53	—	MU10～MU30	1800	0.81			○	●	●		
		蒸压粉煤灰砖				1600	0.52		○	●	●	●		
		煤矸石砖				1300	0.56		○	●	●	●		
	多孔砌体	烧结多孔砖	190×190×90	240×115×90	MU10～MU30	1700	0.76			○	●	●		
		混凝土多孔砖	240×115×90	厚度：290，240，190，180，115，90	MU10～MU30	1400	0.58		○	●	●	●		
	混凝土小型空心砌块	普通混凝土小型空心砌块	390×190×190	厚度：290，240，190，140，90	MU5～MU20	1900	0.81			○	●	●	●	
		轻集料混凝土小型空心砌块	390×190×190	可由供需双方商定	MU1.5～MU10	1600	0.53			○	●	●		
		粉煤灰小型空心砌块	390×190×190	可由供需双方商定	MU2.5～MU15	1100	0.44		○	●	●	○	●	
	加气混凝土砌块	加气混凝土砌块	600×250×250	高度：300，200 厚度：100～300	A1.0～A10	700	0.22	○	●	●	●		●	●
板材	蒸压加气混凝土板	蒸压加气混凝土板	宽：600，长：≤6000，厚：75～300		A2.5～A7.5	500	0.19	○	●	●	●		●	●
	混凝土板材	普通混凝土板	宽：600，长：≤6000，厚：60～140		C25～C50	2500	1.74						●	
		陶粒混凝土板	宽：600，长：≤4000，厚：50～180		C25～C50	1700	0.95				○		●	

注：●表示可用，○表示基本可用。

表 2.3.7　单一材料围护墙体在不同传热系数限值要求下的最小厚度（m）

分类	材料类型	材料名称	容重（kg/m^3）	导热系数［W/（m·K）］	墙体传热系数限值 K［W/（m^2·K）］												
					0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	2.00
块材	实心砖	粘土实心砖	1800	0.81								0.69	0.62	0.56	0.50	0.46	0.30
		蒸压粉煤灰砖	1600	0.52					0.66	0.57	0.50	0.44	0.40	0.36	0.32	0.29	0.19
		煤矸石砖	1300	0.56						0.61	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.32	0.20
	多孔砌体	烧结多孔砖	1700	0.76								0.65	0.58	0.52	0.47	0.43	0.28
		混凝土多孔砖	1400	0.58						0.64	0.56	0.50	0.44	0.40	0.36	0.33	0.21
	混凝土小型空心砌块	普通混凝土小型空心砌块	1900	0.81								0.69	0.62	0.56	0.50	0.46	0.30
		轻集料混凝土小型空心砌块	1600	0.53					0.67	0.58	0.51	0.45	0.41	0.36	0.33	0.30	0.19
		粉煤灰小型空心砌块	1100	0.44				0.65	0.56	0.48	0.42	0.38	0.34	0.30	0.27	0.25	0.16
	加气混凝土砌块	加气混凝土砌块	700	0.22	0.61	0.48	0.39	0.33	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.08
板材	蒸压加气混凝土板	蒸压加气混凝土板	500	0.19	0.53	0.41	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.07
	混凝土板材	普通混凝土板	2500	1.74													0.63
		陶粒混凝土板	1700	0.95										0.65	0.59	0.54	0.35

注：1. 墙体内外粉刷均按 20mm 厚混合砂浆考虑。

2. 内表面换热阻取 0.11m^2·K/W，外表面换热阻取 0.04m^2·K/W。

3. 本计算考虑了住宅建筑通常做法时的结构性热桥影响。

4. 本表仅供结构专业在进行方案设计时参考使用，施工图设计时材料厚度必须满足节能设计的要求。

3 砌体结构围护墙体的连接与构造

3.1 单一材料砌体结构围护墙体

3.1.1 单一材料砌体结构是指砌体结构的围护墙体与内部墙体是同一种材料的结构。此时，砌体结构的围护墙体为承重构件，应满足《砌体结构设计规范》GB 50003—2001 有关连接与构造的要求。

3.1.2 混凝土小型空心砌块、烧结多孔粘土砖、烧结实心粘土砖砌体结构围护墙体的抗震要求见《建筑抗震设计规范》GB 50009—2001。

3.1.3 当单一材料砌体结构为混凝土小型空心砌块砌体时，其围护墙体尚应满足《混凝土小型空心砌块技术规程》JGJ/T 14—2004 有关连接与构造的要求。

3.1.4 当单一材料砌体结构为多孔砖砌体时，其围护墙体尚应满足《多孔砖砌体结构技术规范》JGJ 137—2001（2002 版）有关连接与构造的要求。

3.2 复合保温砌块围护墙体

3.2.1 一般规定。

1. 当砌体结构采用复合保温砌块作围护墙体时，其连接与构造应满足《混凝土小型空心砌块技术规程》JGJ/T 14—2004 的要求，并参照执行本节的有关规定。

2. 复合保温砌块可用作多层混凝土小型空心砌块砌体结构的承重围护墙体。

3. 承重砌体结构所采用的复合保温砌块的强度等级不宜低于 MU10，砌筑砂浆的强度等级不宜低于 M7.5。灌孔混凝土、芯柱、圈梁等构件采用的混凝土强度等级不宜低于 C20。

4. 保温层的厚度应根据不同的高效保温材料的导热系数及各地的节能标准，经计算或测试确定。

5. 当保温层设置过厚时，造成砌块厚度过大，内外层砌块连接困难，不易搬动砌筑。此时可采用内外叶墙体分层砌筑，然后插入保温材料的夹芯墙。有关夹芯墙的连接与构造要求见 3.3 节。

3.2.2 设计要点。

1. 砌体结构采用复合保温砌块作承重围护墙体时，平面设计应简洁，不宜有过多的凹凸；平面宜以 2M 为基本模数，特殊情况下可采用 1M；竖向高度应以 1M 为模数。

2. 外墙定位轴线宜设置在复合保温砌块内层承重墙体的中心线处，内、外墙交接处定位轴线宜为内墙中线，也可根据外墙排块情况进行调整。

3. 砌块排列时，应尽量采用主砌块砌筑，复合保温砌块上下皮应错缝、对孔搭砌，一般搭砌长度为主砌块的一半，最小搭砌长度 90mm。

4. 为避免在砌筑的灰缝处出现热桥，宜在灰缝处设置保温压条，或将保温块高于砌块高度 10mm，宽度同保温层。砌筑时与保温材料连在一起，以阻断灰缝中的热桥。

3.2.3 构造要求。

1. 应在复合保温砌块内层承重墙中设置构造柱或芯柱。构造柱或芯柱的位置和数量，应符合规范的要求。砌块排列时，应考虑芯柱或构造柱的设置要求。芯柱或构造柱应沿墙身全高贯通，以保证墙体的整体性。每层芯柱的第一皮砌块应采用带有清扫口的砌块。

2. 基础砌体应采用水泥砂浆砌筑，并应将孔洞填实。室外地面以上的墙体应采用混合砂浆砌筑，砌块砌体的灰缝厚度为8～10mm。

3. 门窗安装点及设备固定点处砌块的孔洞，应用C20混凝土填实。

4. 在外墙应力比较集中或墙体竖向灰缝连通的部位，以及在墙体高度或厚度发生变化处，应设置竖向控制缝。

5. 每层外墙圈梁上的复合保温砌块底应设置排水孔。

6. 对有振动或有抗震设防要求的建筑，外墙宜每隔400mm高度，在水平灰缝内设置通长的钢筋网片，以增强内承重砌块与外装饰块的连接，加强墙体整体性。

7. 女儿墙应设置钢筋混凝土芯柱或构造柱，并伸至女儿墙顶。插筋芯柱间距不宜大于600mm，构造柱间距不宜大于4m。

8. 复合保温砌块砌筑前不得浇水，墙体内不得混砌其他材料，外墙面必须用原浆做勾缝处理。

9. 设备管线均宜明装，电气管线可竖向埋于墙身，但在小墙段中不得埋设管线；需设开关盒及插座的砌块，应先在砌块上开好孔后再砌筑。各种孔洞、管道、沟槽和预埋件等，应在墙体砌筑时进行预留，不得在已砌筑的墙体上打洞开槽。

3.3 夹芯墙围护墙体

3.3.1 一般规定。

1. 当砌体结构采用夹芯墙做围护墙体时，夹芯墙的内叶墙体是承重构件；外叶墙体一般作为保温材料的防护层和建筑的装饰层，通过拉结钢筋及其他承托构件与内叶墙体连接在一起。在进行结构计算分析时，应将外叶墙体和保温材料的重量作为荷载计入。

2. 夹芯墙围护墙体的连接与构造应满足《砌体结构设计规范》GB 50003—2001及《全国民用建筑工程设计技术措施——结构》（2003）的要求，并参照执行本节的有关规定。

3. 夹芯墙的内外叶墙间的拉结钢筋网片是保证墙体整体性、安全性的主要条件。拉结钢筋网片应采用冷拔低碳钢筋，由于其有一部分穿过保温层，一部分砌入砌块灰缝中，穿过保温层部分的钢筋比较容易锈蚀，所以拉结网片在砌入灰缝前应做防腐处理。

4. 内外叶墙间的拉结网片与结构要求设置的构造拉结网片可以合并设置，但外墙上的拉结网片首先应满足内外叶墙拉结的需要。

5. 应根据《砌体结构设计规范》GB 50003—2001的要求和实际工程中外叶墙体的承托情况，对外叶墙进体行高厚比验算。

3.3.2 设计要点。

1. 夹芯墙芯柱的设置要求。

当混凝土小型空心砌块建筑采用夹芯墙作围护墙体时，应根据抗震要求，在建筑转角处、内外墙连接处等位置设置芯柱。在建筑转角处应设置5个到7个芯柱，在内外墙连接处需设置4个到5个芯柱。芯柱内钢筋的设置要求见《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001。

2. 夹芯墙构造柱的设置要求。

当烧结普通粘土砖建筑采用夹芯墙作围护墙体时，应在建筑转角墙、内外墙连接处设置构造柱。混凝土小型空心砌块建筑的夹芯墙围护墙体中，也可采用构造柱代替芯柱。构造柱的截面尺寸及配筋的具体要求见《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001。构造柱的做法在地震区特别是高烈度区对抗震比较有利，施工相对比较简便，较容易检查构造柱混凝土的质量。

3. 构造柱或芯柱与墙体间，以及墙体与墙体间的钢筋拉结网片的放置数量，应根据抗震设防烈度的不同而区别要求。可沿墙高每400mm设置一层。在墙体与墙体的丁字及十字连接中也可以交错设置网片。

4. 楼层间的连接。宜对外叶墙体采取层层支托的方法，即在每一楼层，利用楼板或其他支托构件支承各层的外叶墙体（外装饰层）。可采用以下几种方法：

1）利用每层的楼板支托外叶墙体。

2）在内叶墙体圈梁中设置钢筋混凝土牛腿支承外叶墙体。

当钢筋混凝土支托牛腿连续布置时，会在一定程度上形成“热桥”。因此，也可以将支托的牛腿与内叶墙体中的圈梁间断连接，以减少热量损失。

3）角钢牛腿支承外叶墙体。

5. 必要时，可在外叶墙体中增设构造柱或水平钢筋带。

6. 夹芯墙的砌筑施工，应先砌内叶承重墙，再砌外叶装饰墙，同时填放空腔内的保温板。砌筑时，一般外叶墙体可比内叶墙体低400mm左右，并同时压入拉结钢筋网片。

3.4 蒸压加气混凝土砌块砌体结构

3.4.1 一般规定。

1. 蒸压加气混凝土砌块砌体结构的连接与构造应满足《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17的有关要求，并参照执行本节的有关规定。

2. 有关加气砌块砌体的计算指标、结构计算原则和方法详见《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17的规定。

3. 地震区建造的加气砌块横墙承重房屋的总层数（总高度），应满足《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17有关规定的要求，见表3.4.1。

表3.4.1 地震区加气砌块横墙承重房屋总层数（总高度）限值

抗震设防烈度 / 强度等级（密度等级）	6	7	8
A5.0（B07）	5（16m）	5（16m）	4（13m）
A7.5（B08）	6（19m）	6（19m）	5（16m）

注：1. 非地震区可比6度区适当增加总层数及总高度。

2. 在有可靠试验依据的情况下，采取增加墙厚或其他有效措施时，总层数和总高度可适当提高。

4. 加气砌块墙体的高厚比应符合《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17的有关规定。

5. 为避免温度裂缝，加气砌块承重房屋伸缩缝的间距不宜大于40m。

3.4.2 设计要点。

1. 应结合建筑物的使用要求和地区气候条件，合理地确定结构的平面和竖向布置方案。并应根据建筑物的受力、节能、隔声、防火等要求，分别计算墙体厚度。当求得不同的墙体厚度时，应采用其中的最大值。

2. 采用加气砌块作为承重墙体的房屋，宜采用横墙承重结构，横墙间距不宜超过4.2m，横墙宜对正贯通。

3. 对承重建筑，宜采用强度等级为A5.0以上的加气砌块，其厚度不宜小于250mm。

4. 抗震设防地区的砌块墙体宜根据设计选用粘结性能良好的专用砂浆或粘结剂砌筑，砂浆的最低强度等级不应低于M5.0。

5. 在下列情况下，如无切实可靠的措施，不得使用加气砌块：

1）建筑物防潮层以下的外墙。

2）长期处于浸水和化学侵蚀的环境。

3）承重砌块表面经常处于80℃以上的部位。

6. 如无切实有效措施，不宜进行冬季施工。

7. 加气砌块外墙外表面应做饰面保护层，不宜为未经任何处理的清水墙。饰面保护层对冻融交替、干湿循环、自然碳化和磕碰磨损等能起有效的保护作用，可延长使用年限。可采取在外墙面抹灰后再做涂料饰面等方法。

8. 加气砌块外墙墙面水平方向的凹凸部分（如线脚、雨罩、出檐、窗台等）应做泛水和滴水，以避免积水后渗入加气砌块，产生如霉变、渗漏、冻融破坏等有害影响。

9. 砌筑砂浆宜优先选用专用砂浆或粘结剂。采用专用砂浆时，为厚缝砌筑工法，此时，应向砌筑面适量浇水，水平和垂直灰缝均不宜大于15mm；采用粘结剂时，为薄层砌筑工法，此时，要求砌块尺寸偏差小，水平和垂直灰缝均宜为2～4mm。

10. 加气砌块砌体砌筑时的含水率宜小于30%。墙面抹灰宜在墙体砌筑完成7～14d后进行，以利于加气砌块中水分的散发。

11. 抹灰层宜设分隔缝，面积不宜大于$30m^2$，长度不宜超过6m。

12. 加气砌块墙体与不同材质的连接处（如与混凝土构造柱连接处等），为防止墙体表面开裂，应采取可靠技术措施，如加贴耐碱玻璃纤维网格布或在抹灰层中加设热镀锌钢丝网。

13. 露于外墙体外的钢筋混凝土梁、柱或其他混凝土构件，应按热工规范进行热桥验算，并做保温处理。

对外露的梁柱进行辅助保温处理时，宜采用与墙体材料一致的低密度加气混凝土保温块，也可采用保温砂浆或其他高效保温材料（如EPS板等）。

3.4.3 构造要求。

1. 当设防烈度为6、7度时，承重的加气砌块房屋，应在每开间横墙与外纵墙交接处设置现浇钢筋混凝土构造柱。在构造柱与墙连接处，应沿墙高每隔600mm设2ϕ6拉结钢筋，每边伸入墙内的长度不得小于1m。当设防烈度为8度时，除满足上述要求外，还应在每开间横墙与内纵墙交接处设置现浇的钢筋混凝土构造柱，交接处拉结钢筋的要求同前。

2. 构造柱应采用强度等级为C20的混凝土，其最小截面可采用180mm×200mm。纵向钢筋宜采用4ϕ12，箍筋宜采用ϕ6，其间距不宜大于250 mm，且在柱上、下端适当加密。构造柱与加气砌块的相接处宜砌成马牙槎，以加强相互间的连接。

3．应在每层所有承重的纵、横墙处设置现浇钢筋混凝土圈梁。

4．非抗震设计时，圈梁和构造柱的设置可参照地震区的要求适当放宽。但房屋顶层应设置圈梁，房屋四角应有构造柱，马牙槎连接可改为拉结筋连接。

5．在有可靠试验研究的情况下，构造柱与墙体可用专用连接件连接，马牙槎可改为平接。

6．为避免墙体过长产生收缩裂缝，当加气砌块墙体大于6m时需设置构造柱。

7．对墙上开槽埋设暗管的墙体，水平向开槽总深度不得大于1/4墙厚，竖向开槽总深度不得大于1/3墙厚。同时宜避免交叉且双面开槽。

8．安装门窗时，可采用尼龙膨胀锚栓将门窗连接铁件直接固定在加气砌块墙中。

4 混凝土结构围护墙体的连接与构造

4.1 基本规定

4.1.1 混凝土结构的围护墙体应满足以下要求：

1. 满足保温、隔热、防火、防水抗渗、安全防范和装饰的要求。
2. 满足自承重、抗震、抗风、抗冲击等结构性能的要求。
3. 满足稳定和平面外变形的要求。
4. 与周边结构构件应有可靠的连接。
5. 围护墙体及其饰面应达到规定的设计使用年限。

4.1.2 混凝土结构的围护墙体可采用各种墙体块材和墙体板材。

4.1.3 连接中使用预埋件时，预埋件锚板应采用 Q235－B 级钢，锚筋应采用 HPB235 和 HRB335 级钢筋，严禁采用冷加工钢筋。设置预埋件的结构构件，其混凝土强度等级不应低于 C20。

4.1.4 连接中使用的锚栓，其材料和使用要求，应按照《混凝土用膨胀型、扩孔型建筑锚栓》JG 160—2004 和《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145—2004 的规定执行。

4.1.5 所有连接用钢筋、金属配件、铁件、预埋铁件等均应做防腐防锈处理。

4.2 砌体围护墙体与混凝土结构的连接与构造

4.2.1 一般规定。

1. 宜优先选用轻质的、非粘土类墙体块材。

2. 各种砌体围护墙体可外包或内嵌于混凝土结构。宜优先选用砌体围护墙体外包框架梁柱的做法。当采用砌体围护墙体嵌填在框架结构柱间的做法时，应根据热工设计，对外露的混凝土框架梁柱进行保温处理。

3. 当外墙出现热桥时，应根据各地节能标准要求，对混凝土热桥部位采用高效保温材料进行处理。可采用保温砂浆或其他高效保温材料，如 EPS 板等。当砌体围护墙体的材料为加气砌块时，混凝土热桥部位可采用与墙体材料一致的低密度加气混凝土保温块。在夏热冬暖和夏热冬冷地区，可采用内保温形式；在寒冷和严寒地区，宜采用外保温形式，具体做法见《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇　建筑》。

4.2.2 设计要点。

1. 应按《砌体结构设计规范》GB 50003—2001、《混凝土小型空心砌块技术规程》JGJ/T 14—2004、《多孔砖砌体结构技术规范》JGJ 137—2001（2002 版）、《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17 等相应规范的要求对砌体围护墙体在其自重的作用下，进行受压承载力验算。

2. 应按上述相应规范的要求对围护墙体进行高厚比验算。

3. 应按《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001（2006 版）对围护结构计算风荷载的要求，对砌体围护墙体在风荷载作用下，进行受弯及受剪承载力验算。

4. 抗震设防地区砌体围护墙体的抗震构造措施应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001 第 13.3.1～13.3.6 条的要求：采用混凝土小型空心砌块和多孔砖时，尚应符合《混凝土小型空心砌块建筑技术规程》JGJ/T 14—2004 和《多孔砖砌体结构技术规范》JGJ 137—2001 中有关抗震构造措施的要求。

5. 应按有关规范的规定对砌体围护墙体采取有效的防裂措施，如设置构造柱或芯柱，设置水平钢筋带或系梁等。

4.2.3 构造要求。

1. 当围护墙体采用砖砌体时，其强度等级不宜小于 MU10.0；混凝土砌块的强度等级不宜小于 MU7.5。砂浆强度等级不宜小于 M5.0。

2. 地面以下或防潮层以下的砌体，应采用水泥砂浆砌筑，且不宜采用多孔砖；当采用混凝土空心砌块砌体时，其孔洞应采用强度等级不低于 C20 的混凝土逐孔灌实。地面以上或防潮层以上的砖砌体，宜采用混合砂浆砌筑；混凝土砌块应采用专用砌筑砂浆砌筑，砂浆应具有一定的粘结性，良好的和易性和保水性。

3. 砌体围护墙体的厚度，应满足强度、刚度、节能、隔声等各方面的要求。

4. 设计中应对短窄的小墙肢、悬臂墙体等采取加强措施，如在端部增设构造柱或芯柱等，以确保墙体的稳定性。

5. 砌体围护墙体中设置的构造柱或芯柱，水平钢筋带或系梁等构件所采用的混凝土强度等级不应小于 C20；钢筋应采用 HPB235 和 HRB335 级钢筋，钢筋网片采用镀锌的 ϕ4 钢筋点焊网片。钢筋的搭接和在主体结构中的锚固应满足相关规范的要求。

6. 当构造柱或芯柱、水平钢筋带或系梁、过梁等构件在砌体围护墙体中形成热桥时，应根据各地不同的节能要求，对其采取适当的保温措施。

7. 有抗震设防要求的砌体围护墙体的尽端至门窗洞边的最小距离为 1.0m。

8. 砌体围护墙体上设有门窗洞口时，应根据工程实际情况对洞边采取加固措施，如设置钢筋混凝土抱框等。

4.2.4 当砌体围护墙体为加气砌块砌体时，尚应满足以下要求：

1. 加气砌块围护墙体的厚度不应小于 200mm。当加气砌块作为防火墙时，其厚度和节点处理应根据国家防火规范的要求和有关试验确定。

2. 加气砌块可采用专用砂浆砌筑或薄层砂浆砌筑，砂浆强度等级不宜小于 M5.0。当加气砌块采用薄层砂浆（粘结剂）砌筑时，可依据有关技术规程，每二皮加气砌块采用专用连接件与混凝土柱连接。

3. 建筑物防潮层以下的外墙及长期处于浸水和化学侵蚀环境的墙体不应采用加气砌块。

4. 短肢剪力墙、异型柱框架结构采用加气砌块作为围护墙体时，短肢剪力外墙间、异型柱框架柱间填充的加气砌块厚度宜为剪力墙厚度或异型柱截面肢厚加找平层及保温材料的厚度。

5. 砌块墙体长度超过 5m 时，宜设置构造柱；当墙高 >3m 时，宜设置水平系梁。

6. 墙体过梁可根据设计要求，使用专用加气混凝土过梁或混凝土过梁，形成热桥时应做保温处理。

7. 门窗安装可采用下列方法：

1）可采用尼龙锚栓直接锚固门窗框。

2）安装重型门时，可采用现浇混凝土对门洞做抱框处理，或根据设计要求安装。

8. 加气砌块的其他饰面做法参见《蒸压加气混凝土砌块建筑构造》（03J104）。

9. 如无切实有效措施，不宜进行冬季施工。

4.3 蒸压加气混凝土板材与混凝土结构的连接与构造

4.3.1 一般规定。

1. 加气板材应具有与加气砌块相同的物理性能。

2. 加气板材可外包或内嵌于混凝土柱间，宜优先选用加气板材外包混凝土结构的做法。加气板材一般不适用于剪力墙、短肢剪力墙及异型柱框架结构。

3. 使用加气板材时，可采取以下措施，以满足节能标准的要求：

1）当加气板材本身厚度不能满足当地节能标准的要求时，宜增加轻钢龙骨加石膏板体系（内填岩棉）的内保温措施。

2）采用加气板材内嵌于混凝土结构时，应根据当地节能标准的要求，对热桥部分采取辅助保温措施。

4. 如无切实可靠的措施，在围护墙体的下列部位不应使用加气板材：

1）建筑物防潮层以下的外墙。

2）长期处于浸水和化学侵蚀的环境。

4.3.2 设计要点。

1. 采用加气板材作为围护墙体时，应按模数进行设计，并做排板设计，尽量减少板材的规格和现场切割的数量。加气板材宽度宜符合600mm的模数要求，洞口边处宜安装整块板。

2. 所有加气板材墙体构件均应满足承载能力极限状态和正常使用极限状态的要求，同时应根据出釜和吊装时的受力情况进行承载力验算。有关计算方法和参数应按照《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17的规定进行。

3. 加气外墙板材作为受弯构件，应满足在风荷载作用下平面外的抗弯强度和变形要求，其最大挠度计算值不应超过加气外墙板材计算跨度的1/200。同时应按荷载效应的标准组合，考虑荷载长期作用的影响进行变形验算，具体方法应按照《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17的规定进行。

4. 加气墙体板材在抗震设计中应视作为柔性连接的建筑构件。进行主体结构抗震计算时，可不计入板材的刚度，也不计入其抗震承载力。支撑加气板材的结构构件，应将加气板材引起的地震作用效应作为附加作用计算。

5. 当加气板材作为防火墙时，其厚度应根据国家防火规范的要求和有关试验确定。

6. 当管道必须埋设在墙板中时，宜增加钢筋外加气混凝土保护层厚度，此时，在加气板材选用或受力计算时，不应计入增加的加气混凝土厚度。

7. 加气墙体板材的配筋应符合以下要求：

1）钢筋应符合《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB 1499.1中关于HPB235级钢筋的规定。钢筋应做防锈处理，并符合《蒸压加气混凝土板》GB 15762—1995的规定。

2）加气墙体板材中应采用焊接网和焊接骨架配筋，不得采用绑扎的钢筋网片和骨架。

3）加气墙体板材应根据受力特性和荷载进行配筋。外墙板材由于受正负风压，应配置双层网片，两层网片钢筋数量相同。隔墙板材长度、厚度较小时，在满足受力要求的情况下，允许配置单层网片，

否则宜配置双层网片。

4）加气墙体板材切割后的钢筋露出部分应做防腐防锈处理，如满涂防锈漆等。

8. 加气墙体板材与主体结构的连接应考虑在确保节点承载力的可靠性、安全性的基础上，同时保证加气墙体板材连接节点在平面内的可转动性及延性，以确保加气墙体板材能适应主体结构不同方向的层间位移，满足在不同抗震设防烈度下主体结构层间位移角的要求。验算连接节点的承载力时，板面风荷载标准值 w_k 的局部风压体型系数 μ_{sl} 应取为 2.0；当考虑板材重力荷载 G_s 产生的水平地震作用标准 F_E 时，应取 $F_E = 2.85\alpha_{max}G_s$，其中 α_{max} 为多遇地震时的水平地震影响系数最大值。

9. 加气墙体板材的接缝处理。

1）板材与板材长边的拼缝：加气外墙板材长边一般设计有专门的倒三角槽或密封槽。应对槽进行界面处理（刷底涂）后，在其中采用建筑密封胶进行防水处理。

2）其他接缝，包括板材与板材端部的接缝、板材与混凝土的接缝、温度控制缝等，一般宽度为 10～20mm，宜采用柔性连接，即内部用聚氨酯（PU）发泡剂或防火棉填充，用聚乙烯（PE）棒填塞后，在加气板材部分涂刷底涂一次，然后用建筑密封胶密封。

10. 加气板材的基础（楼地面、地梁、结构梁等）顶面可用 1∶3 水泥砂浆或 C20 细石混凝土找平，并复核尺寸和位置。找平层达到一定强度后，方可安装加气墙体板材。

11. 加气板材在做饰面前，应对缺棱掉角部位进行修补。

12. 加气墙体板材用于浴厕间和有防水要求房间的墙体时，应做好防水处理，避免墙面干湿交替或局部冻融的破坏。

13. 加气墙体板材与建筑配件的连接（如门、窗、热水器、脱排油烟机附墙管道、管线支架、卫生设备等）应牢固可靠，并应采用符合加气混凝土板特性的螺栓及其他连接件。

14. 在加气外墙板材上开槽时，宜沿板的纵向切槽，深度不大于 1/3 板厚；当必须沿板的横向切槽时，外墙板槽长不大于 1/2 板宽，槽深不大于 20mm，槽宽不大于 30mm。任何情况下，均不得切断板内钢筋。

15. 在混凝土结构施工前，应按照加气墙体板材的排板图和连接节点形式，确定混凝土中应预埋的钢筋、钢板或角铁的位置。加气墙体板材与主体结构之间的连接件应满足现行规范对锚固及焊接的要求。

16. 加气板材的安装是拼装式的，在较低气温下也可进行安装，但在安装过程中的修补、座浆或灌浆、建筑密封胶施工、表面抹灰或装饰施工等工作，不宜在低温（小于 5℃）下操作。因此，在冬季施工时，应合理安排工期。

4.3.3 加气外墙板材构造要求。

当加气板材作为混凝土结构的围护墙体时，宜满足以下构造要求：

1. 加气外墙板材的厚度，应满足强度、刚度、保温、隔热、隔声等方面的要求，且不宜小于 150mm。根据节能要求，当加气板材需要作复合墙体时，复合墙体应能满足热工、隔声等标准、规范的要求。

2. 加气外墙板材与主体结构构件（如柱、梁或楼板等）之间应有牢固可靠的连接。宜根据工程实际情况选用合适的连接方法。其基本安装方法见表 4.3.3，并应根据专门的技术规程或文件进行选用。

3. 加气外墙板材在混凝土结构上可横向安装（以下简称横板），也可竖向安装（以下简称竖板）。横板或竖板与混凝土柱的连接采用连接件法时，适用于高度不大于 30m 的建筑物。

4. 横板或竖板与混凝土柱的连接采用钩头螺栓法时，可用 ϕ12 钩头螺栓穿过板材与 ∟ 63×6 角钢钩住，并焊接。板与混凝土柱间宜留设 20～30mm 的间隙。钩头螺栓的垫圈和螺帽应埋入板中（施工时用专用电动工具打孔），并用粘结剂或修补料补至板面平。

表 4.3.3　加气外墙板材安装方法选用参考表

序号	安装方法	适用结构类型及优缺点	选用板型
1	插入钢筋法	适用于层间位移较小，刚度较大的钢和混凝土结构。配件在板缝间，板面光洁	C 形板
2	插入钢筋法 + 螺栓固定		
3	斜柄连接件法	同上。干法，施工方便	T 形板
4	滑动工法	适用于层间位移较大的钢和混凝土结构	C 形板
5	下滑动、上螺栓	适用于层间位移不大、刚度较大的钢和混凝土结构	C 形板
6	螺栓固定法（钩头螺栓法）	适用于层间位移和刚度中等大小的钢和混凝土结构。节点强度高。干法，施工方便	T 形板
7	摇摆工法（ADR 法）	适用于层间位移大、刚度小的钢结构。干法，施工方便	T 形板

5. 竖板与混凝土结构的连接采用插入钢筋法时，板的上、下端与混凝土梁或楼面连接时，可用带膨胀头的接缝钢筋直接打入混凝土中。在 C 形板间的槽口中灌砂浆。

当加气外墙板材外包于混凝土结构时，C 形板宜搁置在专用托板上，专用托板应与混凝土结构中的预埋件焊接连接，并用长 1000mm 的接缝钢筋穿过托板，伸入上、下两块加气外墙板材各 500mm。在 C 形板间的槽口中应灌砂浆填实。

6. 为把加气外墙板材的自重传递给受力结构，应采取每 3 ~ 5 块横板下设置专用托板（又称支撑角钢），每块竖板下设置承托的措施。专用托板应与混凝土柱中的预埋钢板焊接。

7. 采用横板时，屋面檐口、屋面梁或板底下的最后一块加气外墙板材，由于安装（起吊）的空间狭隘，施工时较难操作，宜用相同材质砌块镶砌，并每隔 1200mm（两块砌块长）用 L 形铁件与屋面梁或板底固定。外表采用专用腻子抹灰装饰。

8. 加气外墙板材上的门窗洞口，应用扁钢或角钢进行加强。应根据风压、板长和洞口大小计算确定加强用钢材的尺寸和节点形式。

9. 加气外墙板材饰面做法和要求：

1）加气外墙板材外表面应做涂料或其他饰面层。饰面应能对冻融交替、干湿循环，自然碳化和磕碰磨损等起有效的保护作用，并要求饰面材料与基层粘结良好，不空鼓开裂。

2）建筑外立面设计时，宜保留加气板材的外观尺寸，即接缝处用密封胶密封后不做抹灰等处理。板面本身可用外墙防水腻子（用普通外墙腻子时，涂抹一道抗渗剂）批刮后涂刷外墙弹性涂料。

3）加气外墙板材的室内侧，进行批刮或粉刷时，可参见《蒸压加气混凝土砌块建筑构造》（03J104）的有关做法。

10. 加气外墙板材室外侧面水平方向的凹凸部分（如线脚、雨罩、出檐、窗台等）应做泛水和滴水，以避免积水后渗入加气墙体板材，并产生如霉变、渗漏、冻融破坏等有害影响。

4.3.4　加气内隔墙板材构造要求。

加气板材作为混凝土结构的填充内隔墙时，宜满足以下构造要求：

1. 加气内隔墙板材的厚度，应满足强度、刚度、保温、隔热、隔声等方面的要求，且不宜小于 75mm。

2. 加气内隔墙板材为无槽口平板时，应在两板侧面接缝处涂抹粘结剂，缝宽不应大于 3mm。内隔墙

板为T形板时，宜接相互拼装，不用粘结剂。内隔墙板为C形板时，两板间槽口中应浇灌水泥砂浆。

3. 加气内隔墙板材的侧面与柱或其他结构墙体的连接，可用U形卡、半U形卡连接固定。卡子安装位置宜在距板材上下端各600～700mm处。内隔墙板高度大于4m时，应在1/2墙高处增设一个卡子。

4. 加气内隔墙板材侧面无固定时，可在板下端用专用底板固定。内隔墙板可搁置在专用底板的向上的槽口中，并在专用底板伸出板面的钉孔中，用射钉或专用钢钉将专用底板固定在楼地面混凝土上。

5. 加气内隔墙板材的顶端应与主体结构可靠连接，可选择U形卡节点、专用卡节点、钩头螺栓节点、Z形压板节点、带膨胀头的接缝钢筋节点（适用于C形隔墙板）等。

6. 安装加气内隔墙板材时，可用木楔在下部顶紧，做临时固定。板材与下面混凝土梁或楼板的间隙用1:3水泥砂浆嵌填密实。木楔在砂浆凝固后取出，再用相同水泥砂浆填补。对高度大于4m的加气内隔墙板材下部也可用连接件固定，具体方法同顶端。

7. 内隔墙墙长大于6m时，宜沿板高度方向设置10～15mm的弹性控制缝，以防止墙体产生变形裂缝。

8. 单网片配筋的加气内隔墙板材上的开槽深度不应大于板厚的1/3，并不得破坏钢筋的保护层。

4.3.5 连接与密封材料。

1. 连接用钢筋。连接用钢筋及预埋件锚筋应采用HPB235级钢筋，其强度标准值、设计值、弹性模量等应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002的要求。

2. 连接用钢材。连接用钢材及预埋件锚板应采用碳素结构钢Q235－B级钢材，其强度标准值、设计值、弹性模量等应按《钢结构设计规范》GB 50017—2003执行。

3. 金属配件。金属配件的材质、形状、大小尺寸和防腐处理等应符合有关设计文件或图集的要求。

4. 焊条。焊条应采用E43型，其质量应符合国家标准《碳钢焊条》GB 5117—1995的有关规定。

5. 座浆及灌缝用砂浆。板底与主体结构之间的座浆以及C形板与C形板之间灌缝用砂浆可采用1:3水泥砂浆。

6. 安装用锚栓、自攻螺丝。墙板安装用锚栓应采用符合国家标准的膨胀型金属螺栓，膨胀型锚栓最小有效锚固长度不小于60mm，具体尺寸应按工程设计计算确定。自攻螺丝应符合《自钻自攻螺钉》GB/T 15856—2002的有关规定。

7. 密封材料。应采用弹性模量较低的丙烯酸类或聚氨酯类专用密封胶。

4.4 非承重预制混凝土外墙板与混凝土结构的连接与构造

4.4.1 一般规定。

1. 用作混凝土结构围护墙体的预制混凝土外墙板一般为非承重构件。非承重的预制混凝土外墙板的设计应包括混凝土外墙板设计和外墙板与主体结构连接构造设计两部分。

2. 在保证混凝土外墙板性能的基础上，应合理设计预制混凝土外墙板与主体结构的连接节点，满足设计要求的安全及耐久性要求，确保连接节点的质量。

3. 预制混凝土外墙板的设计应充分考虑其制作工艺，运输及施工安装的可行性，满足施工安装的三维可调性要求，做到标准化、系列化，实现工业化生产，并兼顾其经济性。

4.4.2 非承重预制混凝土外墙板的设计主要应满足以下要求：

1. 应满足结构、热工、隔声、防水、防火及建筑装饰等各方面的要求。

2. 预制混凝土墙板的规格尺寸及配筋方案应通过计算确定。

3. 应对构件进行在承载能力极限状态和正常使用极限状态下的截面验算。

4．应对构件进行吊装、运输、堆放以及在施工期间等各个工作阶段的截面验算。

5．对预应力预制混凝土外墙板尚应考虑混凝土徐变的影响。

4.4.3 连接节点的构造设计主要应满足以下要求：

1．连接节点的设计应保证主体结构的整体稳定性和使用的安全可靠，防止因连接节点设计不当引起整个结构失效。应对连接节点进行强度和刚度的验算。必要时，应通过试验确定连接节点的承载能力。

2．非承重预制混凝土外墙板与主体结构的连接构造宜采用柔性连接，满足外墙板在地震时适应层间位移角的抗震设计要求，以保证地震时主体结构自身刚度不改变，同时外墙板随主体结构变位而不脱落。

3．应考虑连接节点的位移对主体结构的影响，并采取必要措施保证节点处钢筋的锚固和连续性。

4．预制混凝土外墙板的节点设计应考虑节点的防腐和防火性能，在条件具备时尽量考虑采用不锈钢材料以提高节点的耐久性。

5．连接节点处后浇灌的混凝土宜采用流动性能良好的自密实无收缩混凝土，以避免预制混凝土外墙板在接缝处的开裂，保证接缝处混凝土的密实。

4.4.4 建筑设计。

1．预制外墙板的建筑设计应提出立面分块、表面颜色与质感、建筑保温与防水等方面的要求。

2．外饰面应满足以下要求：

1）面砖饰面外墙板应采用反打一次成型工艺制作，面砖的背面应带有燕尾槽，应确保面砖自身及其粘接性能满足设计要求。

2）石材饰面外墙板应采用反打一次成型工艺制作，石材的厚度应在25mm以上，可采用花岗岩等，背面采用不锈钢卡件与混凝土实现机械连接，石材的质量及连接固定质量应达到设计要求。

3）涂料饰面外墙板所用外墙涂料应采用装饰性强、耐久性好的涂料，宜优先选用聚氨酯、硅树脂、氟树脂等耐候性好的材料，满足设计要求。

4）装饰混凝土饰面外墙板可分为彩色混凝土、清水混凝土、露骨料混凝土及表面带图案装饰的混凝土等，设计时应要求厂家制作样品确认其表面颜色、质感及图案等。并要求厂家出具相关质量证明文件和保证设计要求的使用期测试报告。

3．保温性能设计要求。

预制外墙板的热工设计主要包括保温隔热和防结露性能的设计，一般情况下与建筑所处的位置及建筑自身的特点密切相关，通常采用预制外墙板主断面的平均传热阻值或传热系数作为其热工设计的代表值。

1）选用轻骨料混凝土可有效提高预制混凝土外墙板的保温隔热性能。

2）采暖居住建筑采用复合外墙板时，除门窗洞口周边允许有贯通的混凝土肋外，宜采用连续式保温层，保温层厚度不应小于40mm。

3）宜采用轻质高效的保温材料，安装时保温材料重量含水率不应大于10%。预制外墙板内采用的高效的保温材料可为：阻燃型容重大于16kg/m^{3}聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）、挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）、岩棉、玻璃棉等。

4）无肋复合板中，穿过保温层的连接件，应采取与结构耐久性相当的防腐蚀措施，如采用铁件连接时宜优先选用不锈钢材料并考虑连接铁件对保温性能的影响。

5）预制混凝土外墙板有产生结露倾向的部位，应采取提高保温性能或在板内设置排除湿气的孔槽。

4．防水性能设计要求。

预制混凝土外墙板板缝应采用材料防水为主，构造防水为辅的做法。选用防水材料必须符合国家

标准要求，并满足实际工程粘结、防污和环保等性能要求。

1）外墙板接缝宽度设计应满足在热胀冷缩及风荷载、地震作用等外界环境的影响下，其尺寸变形不会导致密封胶的破裂或剥离破坏的要求。因此在设计时应考虑接缝的位移，确定接缝宽度，使其满足密封胶最大容许变形率的要求。

2）外墙板接缝宽度不应小于10mm，一般设计宜控制在10～35mm范围内；接缝胶深度一般在8～15mm范围内。一般情况外墙板接缝胶宽度 W 和深度 D 的关系应满足下式要求：

$$0.5 \leqslant D/W < 1.0$$

其中，当 $W \geqslant 15\text{mm}$ 时，$W/2 < D \leqslant 2W/3$（D 为7.5～10mm）；

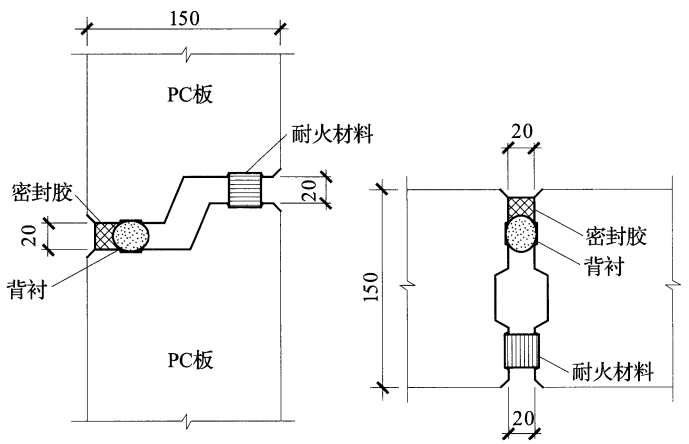
当 $10\text{mm} \leqslant W < 15\text{mm}$ 时，$2W/3 < D \leqslant W$（D 为7.0～15mm）。

3）外墙板接缝所用的密封材料应选用耐候性密封胶，密封胶与混凝土的相容性、低温柔性、最大伸缩变形量、剪切变形性、防霉性及耐水性等均应满足设计要求。

4）外墙板接缝防水工程应由专业人员进行施工，以保证外墙的防水质量。

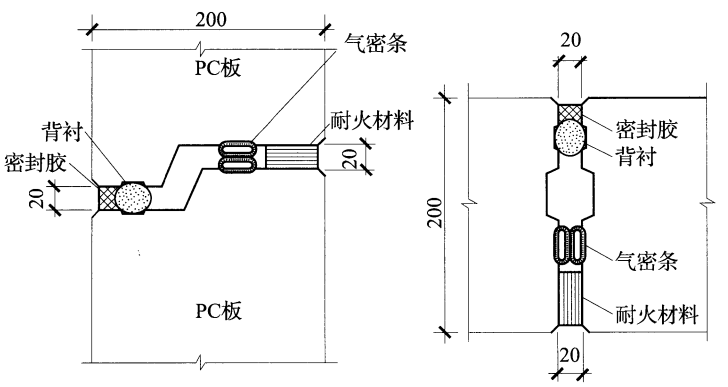
5）普通多层建筑外墙板缝宜采用一道防水构造，见图4.4.4－1。

6）高层建筑的板缝防水宜采用两道密封防水构造的做法，即在外部密封胶防水的基础上，增设一道发泡氯丁橡胶密封防水构造，见图4.4.4－2。



(a) 水平缝　　(b) 垂直缝

图4.4.4－1　板缝一道防水构造



(a) 水平缝　　(b) 垂直缝

图4.4.4－2　板缝两道防水构造

4.4.5 预制混凝土复合保温外墙板的构造要求（以下简称复合外墙板）。

1. 复合外墙板集围护、保温隔热、隔声、装饰等功能于一体，多用于公共建筑的围护墙体。

2. 复合外墙板的构造要求：

1）内、外混凝土层（外层包括饰面层）的厚度均不宜小于50mm。

2）复合外墙板主筋宜采用直径8～12mm的带肋钢筋。

3）复合外墙板内、外两层混凝土面板均应配置面网钢筋，钢筋网一般采用直径5mm的冷轧带肋钢筋焊接网，网孔尺寸宜为150mm×150mm。

4）宜采用钢筋桁架连接复合外墙板的内、外两层混凝土板，保证内、外两层板共同承受墙面水平荷载，增强复合外墙板的整体刚度。

5）穿过复合外墙板保温层的连接钢筋应采取合理的防腐蚀措施，如采用热浸镀锌处理或不锈钢材料。并应充分考虑连接钢筋所产生的热桥对复合外墙板传热系数的影响。

6）混凝土墙板的周边或窗洞四周，应根据当地节能设计要求选择带肋或无肋构造。

3. 复合外墙板与主体结构的连接要求：

1）复合外墙板可采用螺栓与主体结构固定，形成柔性连接构造。设计时应充分考虑复合外墙板与主体结构的层间位移的协调。复合外墙板的连接构造节点应明确垂直荷载与水平荷载的传递方式，以保证复合外墙板的承载能力。

2）用于抗震设防区的复合外墙板与主体结构的连接应采用弹性滑移或弹塑性变形节点，确保复合外墙板在地震或温度变形条件下的自由变位要求，避免增加主体结构刚度或节点连接处的应力集中。

3）复合外墙板一般采用墙板下口支承在牛腿上，上口拉结的连接构造（见表4.4.7）。预埋件和连接件的设计应使连接节点有足够的承载能力。复合外墙板板中的预埋件应符合规范要求，可采取将混凝土板局部加厚等措施，保证预埋件的锚固效果。

4）混凝土主体结构应在主体结构施工时按设计要求设置预埋铁件并保证其位置准确。对于个别预埋件遗漏或偏差较大的处理，应按设计确认的后锚固方案增补埋件并重新检验。

5）复合外墙板与主体结构连接用的连接件或配件应采用热浸镀锌处理或采用不锈钢材料，确保连接构造节点的耐久性要求。

6）窗洞口或其他开口部位应采取加强措施，保证在局部应力集中状态下混凝土板不产生开裂破坏。

4.4.6 预制装饰混凝土外挂板（简称装饰外挂板）的主要设计要求：

1. 装饰外挂板适用于公共建筑或住宅建筑的围护墙体。通常使用在混凝土剪力墙或砌体墙外用于装饰，可以和保温材料和空气间层组合，形成复合保温墙体构造。

2. 装饰外挂板的厚度一般为50～180mm。

3. 装饰外挂板的设计应保证装饰外挂板在制作、运输、吊装及使用等各个阶段具有结构安全性。

4. 装饰外挂板与主体结构的连接宜采用上部吊挂、下部销接的连接构造，也可采用下部支承、上部拉结构造等（见表4.4.7）。

5. 装饰外挂板应通过连接件固定在混凝土结构上。装饰外挂板与主体结构的连接节点设计应保证连接节点在重力荷载、风荷载及地震作用的最不利组合条件下具有安全可靠性。

6. 装饰外挂板的连接节点应采取可靠的防腐蚀措施，以保证连接节点的耐久性。

7. 连接钢板的厚度不应小于8mm，连接螺栓的直径不应小于12mm。

8. 连接节点处保温材料应连续铺设，尽量减少热桥的影响。

9. 装饰外挂板单向尺寸较大时，可采用提高混凝土强度等级和施加预应力等方式，提高墙板的承

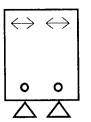
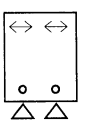
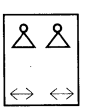
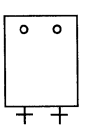
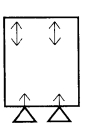
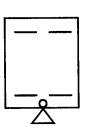
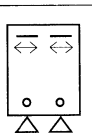
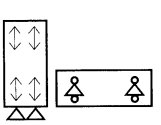
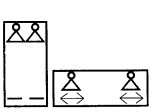
载力。

10. 装饰外挂板平面尺寸较大时，为减轻重量，保证刚度，可采用带肋的槽板、空心板或夹芯板等。如有重量限制时，也可采用轻骨料混凝土制作。

4.4.7 常用的预制混凝土外墙板连接构造。

常用的预制混凝土外墙板连接构造一般采用以下几种方法，见表4.4.7。

表4.4.7 常用的预制混凝土外墙板连接方法

序号	构成	名　　称	变位随动性	固定度	连接方法	原理图
1	板式	滑动式 （与楼板连接）	水平移动	上部长圆孔 下部铰接	螺栓连接	
2	板式	滑动式 （与梁底连接）	水平移动	上部长圆孔 下部铰接	螺栓连接	
3	板式	悬挂式	水平移动	上部铰接 下部长圆孔	螺栓连接	
4	板式	销钉式 （插入销）	旋转	上部铰接 下部暗销	螺栓连接暗销	
5	板式	转动式	旋转	上部长圆孔 下部长圆孔	螺栓连接暗销	
6	板式	弹簧式	旋转	上、下两端 均弹簧固定 下部中央铰接	螺栓连接	
7	板式	并用 （滑动＋弹簧）	主要为 水平移动	上部滑动＋弹簧 下部铰接	弹簧，螺栓连接	
8	柱式和 梁式	柱贯通式	板式旋转 梁式固定	板式长圆孔 梁式铰接	螺栓连接	
9	柱式和 梁式	柱贯通式	板式旋转 梁式固定	板式：上部铰接， 下部弹簧 梁式：上端铰接， 下端辊轴	螺栓连接 弹簧，螺栓连接	

注：△：自重支持点；○：铰接；↔：辊轴；＋：暗销；△向上辊轴；—：弹簧。

5 钢结构围护墙体的连接与构造

5.1 基本规定

5.1.1 钢结构的围护墙体除应满足本分册4.1节的基本规定外，根据钢结构的结构特点，还应满足本节规定。

5.1.2 围护墙体可采用各种砌体块材和混凝土板材，也可采用金属复合材板。宜优先选用金属面复合夹芯板、加气板材、轻集料混凝土小型空心砌块和加气砌块等。

5.1.3 围护墙体与钢结构梁、柱构件的连接构造，应避免破坏钢构件的防火和防腐涂装。

5.2 砌体围护墙体与钢结构的连接与构造

5.2.1 一般规定。

1. 钢结构砌体围护墙体可采用以下两种类型：

1）自承重砌体围护墙体，即各层围护墙体竖向连续，自重荷载直接传至基础。自承重砌体围护墙体在抗震设防地区不应超过二层，高度不宜超过6m；非抗震设计时不应超过三层，高度不宜超过9m。

2）砌体填充围护墙体，即首层围护墙体自重荷载直接传至基础，二层以上围护墙体自重荷载传至本层楼板或钢梁上。

2. 当选用砌体作为钢结构的围护墙体时，宜优先采用与钢构件留设隔离缝的外包式墙体做法。当采用在钢结构梁柱间嵌填砌体的做法时，应对外露的钢梁、钢柱进行特殊的保温处理。

3. 采用砌体结构作为钢结构的围护墙体时，还应满足本分册4.2.1条的一般规定。

5.2.2 设计要点。

1. 砌体围护墙体的设计要点，应满足本分册4.2.2条的有关要求。

2. 砌体围护墙体的厚度，应满足强度、刚度、热工、隔声等方面的要求。当作为防火墙使用时，其厚度应满足有关防火规范的要求。

3. 砌体围护墙体温度区段长度（伸缩缝间距）不宜大于60m，且相应的钢结构也宜以同样间距设置变形缝。

4. 砌体围护墙体与钢构件直接相连时应采用柔性连接，连接件应具有足够的延性和适当的转动能力，宜满足在风荷载、地震作用下的主体结构层间变形的要求。采用自承重砌体围护墙体时尚应与钢结构在全部高度上柔性连接。

5. 采暖地区当单一材料的砌体围护墙体不满足《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》JGJ 26—95规定的指标时，应另行采取保温措施，并宜优先选用外保温做法。

5.2.3 构造要求。

1. 砌体围护墙体的构造要求，应满足本分册4.2.3条的有关规定。

2. 砌体围护墙体应采取措施减少对钢结构的不利影响，并应按照设计规范要求设置拉结筋、水平系梁、圈梁、构造柱等与钢结构可靠拉结。

3. 由于砌体与钢结构的变形差异较大，围护墙体顶部的连接及侧向与柱的连接，宜优先选用柔性节点。

4. 当砌体直接砌筑在钢梁上时，宜对钢梁表面进行界面处理，以增加钢材表面与水泥砂浆的粘结能力。

5. 砌体围护墙体与钢柱连接时，可采用拉结钢筋或 L 形钢质连接件。拉结钢筋和 L 形连接件可直接焊接在钢柱上。

6. 加气砌块围护墙体外包于钢结构时，应砌筑在地梁及每层的楼板上，不应在竖向砌筑成连续墙体。

5.3 金属复合板材与钢结构的连接与构造

5.3.1 一般规定。

1. 用于钢结构工程中具有保温隔热性能的轻质金属复合板材主要有：

1）金属面夹芯板。

2）现场复合的压型金属板。

2. 在下列部位应优先采用金属复合板材：

1）钢结构的非承重围护墙体。

2）8、9 度抗震设防地区的不等高钢结构的高跨封墙和纵、横向交接处的悬墙。

5.3.2 设计要点。

1. 作为围护墙体的金属复合板材可采用标准连接件将金属板固定于支承结构（墙梁）的外表面，支承结构与主体钢结构可靠连接，形成完整的围护结构体系，达到保温隔热及内外装修的多重功效。墙梁宜采用卷边槽形（C 形）或斜卷边 Z 形的冷弯薄壁型钢，可按简支或连续构件设计，两端支承在钢柱上。墙梁设计时，应验算水平荷载和竖向荷载作用下的构件强度，以及在风吸力作用下的稳定性。

2. 在主体结构抗震设计中，采用金属复合板材的墙体宜按柔性连接的建筑构件考虑，不计入其刚度作用，也不计入其抗震承载力。但在地震作用力计算时，应计入墙体的全部自重。支承墙体的结构构件，应将墙体的地震作用效应作为附加作用对待，并满足连接件的锚固要求。

3. 当有条形窗或楼层较高且墙梁跨度较大时，应根据计算在墙梁间增设墙架柱。

4. 应根据当地的热工分区、建筑物的功能要求和施工条件，合理地选取金属复合板材的种类和保温层的厚度。在运输、吊装条件允许的情况下，应优先采用较长尺寸的金属复合板材，以减少纵向连接接缝，防止渗漏并提高保温效果。

5. 金属复合板材由于质量轻而对风荷载比较敏感。我国沿海地区出现过在大风状态下，金属复合板材的围护结构被掀掉的情况。所以在设计中，应重视连接件的设置和承载力计算。

6. 新型的金属复合板材在大跨度、大空间的公用建筑中也已广泛使用。公用建筑的使用功能要求板材应满足热工性能和隔声性能，带有保温层、防潮层和吸音层的双层复合保温板能较好地满足以上诸方面的要求。

5.3.3 构造要求。

1. 金属夹芯板用作墙板时，外形为平板式，并宜采用隐藏式连接方式。在夹芯板墙面的纵向搭接

处宜设置双墙梁或附加支承构件，两块板均应伸至支承构件上，每块板支座长度不宜小于50mm。夹芯板墙面的横向连接一般为插接，连接方向宜与主导风向一致。搭接部位均应设密封带或防水密封胶密封。

2. 墙板用现场复合的压型金属板，在纵向搭接处，宜设置双墙梁或附加支承构件，搭接部位应设防水密封胶带，搭接长度不宜小于120mm。压型金属板的横向连接宜采用搭接连接，搭接长度一般为一个波峰，板与板之间的连接件可设在波峰，也可设在波谷。连接件宜采用带有防水密封胶垫的自攻螺钉。

3. 施工前应进行排板设计，同一墙面宜采用同种板型，尽量减少板材现场切割的数量。在较大洞口处，四边均应设置墙梁，洞口边连接用的自攻螺钉需适当加密。

4. 金属复合板材的连接节点类型较多，节点设计时可参照《压型钢板、夹芯板屋面及墙体建筑构造》01J925－1中的节点做法。

5. 在施工安装时，应注意保持保温层铺设的连续性，尤其在一些细部节点处应采取有效的保温隔热措施，如设置保温隔热垫等，避免出现局部热桥、结露等现象。

6. 夹芯板中的芯材和现场复合板中的玻璃纤维棉在生产、运输与贮存过程中，应注意保持干燥、通风，避免雨淋。

7. 对于现场复合的压型金属板，当保温材料选用玻璃纤维棉时，宜在玻璃纤维棉靠室内一侧设置防潮层。防潮层能有效限制建筑物内部的水汽，避免出现冷凝现象。

5.3.4 连接与密封材料。

1. 连接件主要用于金属夹芯板与承重构件的固定，或金属夹芯板与彩钢板等附件的连接。连接件的种类有：自攻螺钉、拉铆钉、膨胀螺栓等。

2. 自攻螺钉应配备具有防水性能的密封橡胶盖垫。

3. 拉铆钉外露钉头处应涂满密封胶。

4. 所有的钢质连接件均应进行镀锌保护。

5. 防水密封材料可采用密封胶和密封胶带，保温隔热密封材料可采用泡沫堵头、聚乙烯棒、岩棉板及聚氨酯现场发泡封堵材料等。

5.4 蒸压加气混凝土板材与钢结构的连接与构造

5.4.1 一般规定。

1. 采用加气板材作为钢结构的围护墙体时，还应满足本分册4.3.1条的一般规定。

2. 加气板材可外包、内包或内嵌于钢结构中作为围护墙体，并宜优先选用外包方式。

5.4.2 设计要点。

1. 除应满足本分册4.3.2条中有关要求外，加气板材应用于钢结构时应注意：由于钢结构的允许变形较大，加气板材与钢构件直接相连时应采用柔性连接。

2. 本节所涉及的钢结构以工字钢（或H型钢）为代表，对其他的钢结构形式，在设计连接与构造时，应做适当调整。

5.4.3 加气外墙板材构造要求。

1. 加气外墙板材与钢结构的连接构造，可参见本分册4.3.3条中有关要求。

2. 根据钢结构的结构形式和建筑物的特点，宜选择以下板材的连接节点形式，并进行排板图设

计。施工前，在钢结构上宜标注安装用角钢的位置。

1）连接件法：适用于高度不大于30m的建筑物。可在钢结构上直接焊接C形连接槽。连接件的一侧插入C形槽内，另一端用3根空心钉打入横板固定。为防止楼地面上的第一块横板下部产生垂直于板面的滑移，可用钩头螺栓作固定。

2）螺栓固定法：对中小型建筑物，可用ϕ12钩头螺栓直接钩在工字形钢梁上；若不能直接钩住，则应在钢结构上焊接连接用角钢，钩头螺栓再钩在通长角钢上。

外墙板内侧与工字形钢梁宜保留30mm间隙。工字形钢梁上混凝土楼板端部宜距墙板100mm，待焊接角钢、外墙板安装完成后，用1:3水泥砂浆填实。以下各种节点均有此要求。

3）竖板插入钢筋法：在工字形钢梁上，焊接∟63×6通长角钢。在板的拼缝处，把专用托板焊接在通长角钢上。C形板搁置在专用托板上，用长1000mm的ϕ8接缝钢筋穿过托板，伸入上、下两块板各500mm。在C形板间的槽口中灌砂浆。

4）摇摆工法（ADR法）：在板中适当部位置入专用连接杆（也称钢管锚），用专用螺栓穿上专用压板拧在钢管锚上（不能拧紧），待板材安装就位后，将专用压板压在通长角钢上并焊接，再将螺栓拧紧。

5.4.4 加气内隔墙板材构造要求。

与混凝土结构相同。参见本分册4.3.4条中有关要求。

5.4.5 连接与密封材料。

与混凝土结构相同。参见本分册4.3.5条中有关要求。

6 外墙外保温系统与基层墙体的连接要求

6.1 一般规定

6.1.1 外墙外保温系统在外墙上固定方法的分类。

外墙外保温系统按其固定方法可区分为：粘结系统和机械固定系统。采用粘结系统时，可在必要的部位设置辅助锚栓，但外保温系统上所承受的荷载和作用，应全部由粘结剂承担。采用机械固定系统时，可辅以胶粘剂对外保温系统进行定位，但外保温系统上所承受的荷载和作用，应全部由机械锚固件承担。

6.1.2 外墙外保温系统上承受的荷载和作用。

应保证外墙外保温系统在使用中的安全性。在正常使用情况下，外墙外保温系统通过粘结剂或机械锚固件，应能在自重、温度、湿度、收缩、主体结构位移以及风力（吸力）引起的联合应力的作用下保持稳定，避免在风荷载或地震作用下，从基层墙体上脱落伤人或砸坏重要设备。

6.1.3 风吸力的验算。

验算外墙外保温系统在风力（吸力）作用下的稳定性时，应根据国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001（2006 版），按围护结构的有关规定进行计算。

6.1.4 外保温系统中每个组成部分的材料均应具有物理、化学的稳定性，并具有防腐性能，以保证外保温系统的耐久性。

6.1.5 外墙外保温系统的其他要求见《外墙外保温工程技术规程》JGJ 144—2004、《膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统》JG 149—2003、《胶粉聚苯颗粒外墙外保温系统》JG 158—2004 及《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇　建筑》。

6.2 粘结型外保温系统与基层墙体的连接要求

6.2.1 粘贴 EPS 板所采用的胶粘剂应符合表 6.2.1 的要求。

表 6.2.1　胶粘剂的力学性能指标

项　　目		性能指标
拉伸粘结强度（MPa）（与水泥砂浆粘结时）	原强度　（常温常态）	≥ 0.60
	耐水	≥ 0.40
拉伸粘结强度（MPa）（与 EPS 板粘结时）	原强度　（常温常态）	≥ 0.10
	耐水	≥ 0.10
可操作时间（h）		1.5 ~ 4.0

6.2.2 EPS 板的粘贴要求。

1. EPS 板宽度不宜大于 1200mm，高度不宜大于 600mm。

2. EPS 板与基层墙体的粘结，可采用点粘法，也可采用满粘法，但最少粘结面积不得小于板面积的 40%，且宜将 EPS 板交错排列。

3. 应根据外保温系统距室外地面高度及工程所在地的基本风压值，按表 6.2.2 的要求设置辅助锚栓。辅助锚栓的技术要求见 6.3 节。

表 6.2.2 辅助锚栓设置要求

系统距室外地面高度 H（m）	基本风压 w_0（kN/m^2）	设置部位
$20 < H \leqslant 28$	$w_0 \leqslant 0.65$	外墙阳角处，门洞口边
$28 < H \leqslant 40$	$w_0 \leqslant 0.65$	外墙阳角处，门洞口边，相邻板交接处
$28 < H \leqslant 60$	$w_0 \leqslant 0.50$	
$28 < H \leqslant 100$	$w_0 \leqslant 0.40$	
$40 < H \leqslant 100$	$w_0 \leqslant 0.65$	外墙阳角处，门洞口边，相邻板交接处，每块标准板的中部
$60 < H \leqslant 100$	$w_0 \leqslant 0.50$	

注：1. 设置在外墙阳角处、门窗洞口边的锚栓应双排交错布置，间距不应大于 600mm。

2. 锚栓与不同类型的基层墙体边缘的距离应符合表 6.3.2－5 的要求，且不宜小于 100mm。

6.3 外墙外保温系统用塑料锚栓的技术要求

目前，有关外墙外保温系统用塑料锚栓的产品标准和工程标准尚在编制中，本节所提出的要求是借鉴欧洲标准和总结我国长期的工程实践经验编制的，供设计人员参照执行。

6.3.1 材料要求。

1. 外墙外保温系统采用的机械锚固件宜为塑料锚栓，塑料锚栓由金属膨胀件和塑料套管两部分组成。也可采用金属托架。

2. 金属膨胀件应满足下列要求：

1）应采用不锈钢或电镀锌钢材。

2）不锈钢应采用国际标准《不锈钢紧固件的力学性能》ISO 3506 中的 A2 或 A4 级或相当等级。

3）当采用电镀锌钢材时，电镀层的厚度不应小于 5μm。

3. 塑料套管应满足下列要求：

1）塑料套管应采用原生材料制作，不得采用回收的再生材料，并应采用聚酰胺 PA6 和 PA66、聚丙烯 PP 等聚合材料。

2）塑料套管的外径不应小于 8mm。

3）圆盘直径不应小于 50mm，用于矿棉外保温系统的锚栓圆盘直径不应小于 90mm。

4. 金属托架应满足下列要求：

1）金属托架应采用铝合金，其合金成分为 AlMgSi 0.5 F22－25。

2）铝合金材料应进行氧化处理，并应先冲孔，后进行阳极氧化处理。氧化膜厚度不应小于 10μm，整个托架的氧化处理应均匀一致。

3）型材表面应清洁，不得有裂纹、起皮、腐蚀、气泡、氧化膜脱落现象，在冲孔处及型材边缘处

不得有毛刺，托架两端及边缘不得有开口。

4）托架直线度偏差为 ±23mm/m，托架直角度偏差 ±0.5°。

6.3.2 锚栓的设计要求。

1. 基层墙体为混凝土，且混凝土强度等级不小于 C25 时，单个塑料锚栓在不同高度的受拉承载力标准值可按表 6.3.2-1 选用。受剪承载力或拉剪组合承载力可取相同的数值。

表 6.3.2-1 不同高度单个锚栓的受拉承载力标准值最低限值

高　度	<20m	20~50m	50~80m	>80m
单个锚栓受拉承载力标准值最低限值（kN）	0.5	0.6	0.75	0.9

2. 当塑料锚栓用于其他类型的基层墙体中时，如果工程中实际采用的基层墙体在材料类型和（或）最低强度和（或）砌体单元中的孔洞形状等与试验室或评估试验中使用的基材不同时，需要进行工地现场的试验以确定塑料锚栓的抗拉承载力标准值。

3. 塑料锚栓承载力设计值 = 塑料锚栓承载力标准值/分项系数 γ_M，其中 $\gamma_M = 2$。

4. 锚栓的有效锚固深度应满足表 6.3.2-2 的要求，钻孔深度应比锚固深度大 10mm。

表 6.3.2-2 锚栓的有效锚固深度

墙体材料	混凝土	实心砖	灰沙砖	加气混凝土	空心砌块	多孔砖
有效锚固深度（mm）	≥30	≥30	≥30	≥50	≥50 或打结	≥50 或打结

5. 单个锚栓对系统的传热增加值不应大于 0.004W/（m^2 · K）。同时不得采用膨胀管长度与锚固深度相同，通过螺钉与压盘连接的锚拴。

6. 固定锚栓的基层墙体最小厚度 d 应满足表 6.3.2-3 的要求。

表 6.3.2-3 基层墙体最小厚度限值

基层墙体类别	最小厚度 d 限值（mm）
混凝土墙体	100
多孔砖砌体墙体	125
其他砌体墙体	115

7. 锚栓之间的间距 a 应满足表 6.3.2-4 的要求，锚栓与基层墙体边缘之间的距离 a_r 应满足表 6.3.2-5的要求。锚栓间距示意见图 6.3.2。

表 6.3.2-4 锚栓之间的最小间距要求

基层墙体类别	锚栓之间的最小间距 a 要求（mm）
混凝土墙体	100
多孔砖砌体墙体	250
其他砌体墙体	100

注：锚栓在多孔砖砌体墙体（孔隙率 >15%）中应为敲入式安装，下同。

表 6.3.2-5 锚栓与基层墙体边缘之间最小距离要求

基层墙体类别	锚栓与基层墙体边缘之间最小距离 a_r 要求（mm）
混凝土墙体	50
多孔砖承重砌体墙体	125
其他承重砌体墙体	100
非承重砌体墙体	250

8. 面积大于 0.1m² 的保温板上至少应设 1 个锚固点。机械锚固件在阳角、门窗洞口边缘和变形缝两侧应适当加密设置。

9. 当 EPS 板采用点粘方式固定时，锚栓应钉在粘结点上，否则会使 EPS 板因受压而弯曲变形，对外墙外保温系统产生不利影响。

10. 机械锚固件的安装应在 EPS 板粘贴 8h 后进行。

11. 层高在 50m 以上的建筑应采用拧入式安装的锚栓。

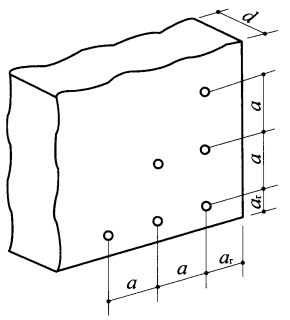


图 6.3.2 锚栓间距示意

6.3.3 锚栓布置方法。

1. 当基层墙体为钢筋混凝土，且混凝土强度等级不低于 C25 时，锚栓的布置方法参见图 6.3.3。

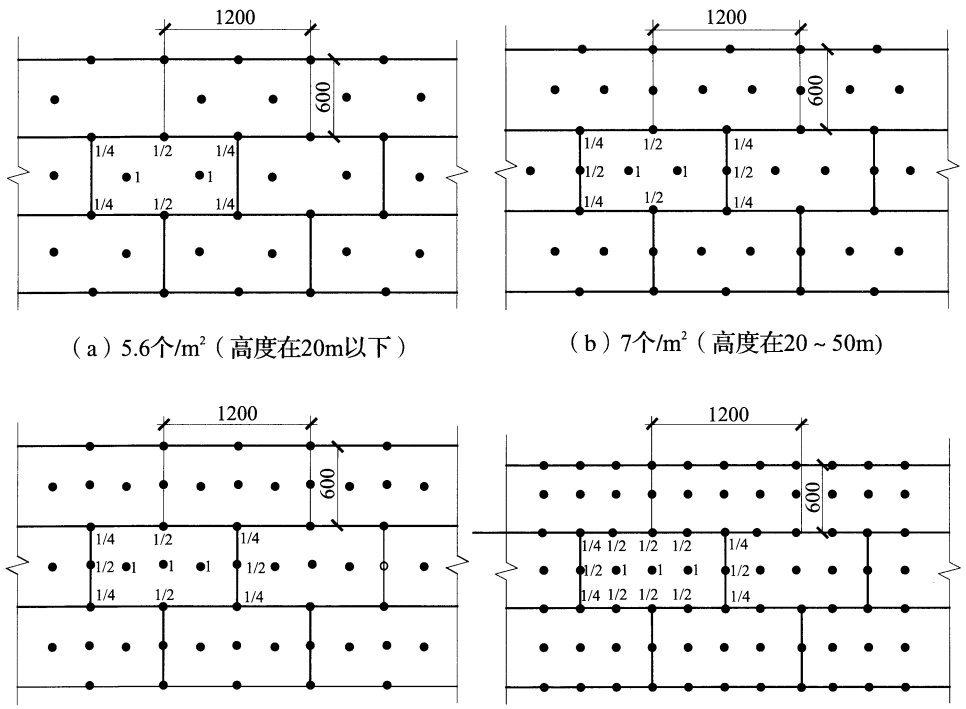


图 6.3.3 锚栓的布置方法

2. 当基层墙体为砌体时，锚栓的数量应适当增加，并应符合本分册 6.3.2 条的要求。同时，应对锚栓的承载力进行验算。必要时，应进行相关的试验。

6.3.4 托架的设计。

1. 根据保温层的不同厚度，可根据表6.3.4选用托架，托架构造见图6.3.4。

表6.3.4 托架厚度选用表

托架宽度 A（mm）	22	32	42	52	62	72	82	92	102	122	142	152	162
托架厚度 B（mm）	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	1.30	1.30	1.70	1.70	1.70

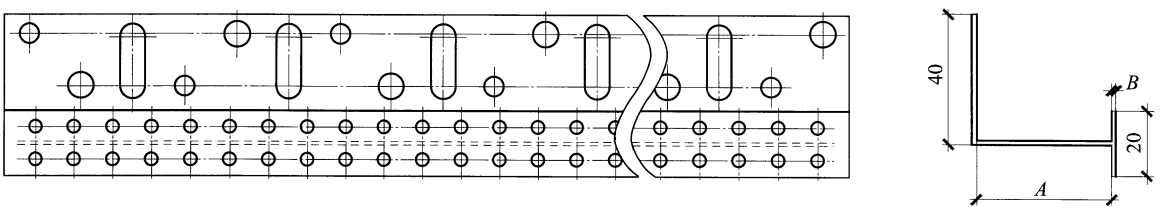


图6.3.4 托架构造

2. 使用托架时，应采用膨胀管带有凸缘的托架专用锚固件。

附录A 楼（屋）盖

A.1 基本规定

A.1.1 楼（屋）盖的设计应同时符合结构、节能等方面的国家现行有关标准。可选用以下楼（屋）盖形式，以达到节约建筑材料和降低能耗的目的：

1. 地面辐射供暖混凝土楼板。地面辐射供暖指以温度不高于60℃的热水为热媒，在加热管内循环流动，加热地板，并通过地面以辐射和对流的传热方式向室内供热的供暖方式。

2. 聚苯模板混凝土楼（屋）盖。采用聚苯楼（屋）盖模板浇筑成型的钢筋混凝土楼（屋）盖。

3. 现浇混凝土空心楼（屋）盖。主要为通过埋入内模而形成空腔的现浇楼盖，可节省混凝土、钢筋的用量。现浇空心楼盖常采用大跨厚板的形式，有利于降低建筑层高。

4. 预应力混凝土叠合楼（屋）盖。可为单向叠合板或双向叠合板，叠合底板可为预制预应力混凝土实心薄板或空心板。

5. 加气板材可以用作屋面板。

6. 建筑造型需要时，可以采用坡屋面。

A.1.2 现浇混凝土实心楼盖外加保温层同样可以起到节能的效果。楼盖和保温层的设计、施工均应符合国家现行有关标准的要求。

A.1.3 节能型楼（屋）盖选型的基本原则如下：

1. 楼（屋）盖结构选型应满足房屋的使用功能和建筑造型的需要。

2. 楼（屋）盖的结构设计应满足承载能力、挠度限值及裂缝控制性能的要求。

3. 楼（屋）盖应具有良好的整体性，与周边支承构件及竖向受力构件连接良好，有利于结构承受风荷载及地震作用。

4. 楼（屋）盖应能满足耐久性和防火的要求。

5. 楼（屋）盖宜选择轻质高强材料，合理采用预应力技术，以降低楼层及建筑自重。

6. 楼（屋）盖应便于施工及控制质量，有利于缩短施工周期和降低工程造价。

7. 楼（屋）盖应具有较好的热工性能指标，能够满足房屋建筑节能设计的要求。

8. 对于高度有限制的建筑，宜选择楼层结构层厚度较小的楼（屋）盖形式。

A.2 地面辐射供暖混凝土楼板

A.2.1 楼板的地面辐射供暖方式具有舒适、卫生、节能、不影响室内观感和不占用室内体积与空间等显著特点。

A.2.2 建筑地面直接承受各种物理和化学作用的表面层为面层，面层宜采用热阻小于0.05 $m^2 \cdot K/W$的材料。

A. 2. 3 填充层的材料宜采用 C15 细石混凝土，细石粒径宜为 5～12mm。

A. 2. 4 加热管的填充层厚度不宜小于 50mm，发热电缆的填充层厚度不宜小于 35mm。当地面荷载大于 20kN/m^2时，应采取加固措施。

A. 3 聚苯模板混凝土楼（屋）盖

A. 3. 1 聚苯模板为聚苯乙烯材料和添加剂制成，用于混凝土结构浇筑而不再拆除的永久性模板。聚苯模板混凝土楼（屋）盖采用聚苯楼（屋）盖模板浇筑成型的钢筋混凝土楼（屋）盖。聚苯模板混凝土结构的主要优点是施工方便、减少能耗。

A. 3. 2 聚苯模板混凝土楼（屋）盖的设计与施工应符合《聚苯模板混凝土结构技术规程》CECS 194: 2006的有关规定。

A. 3. 3 聚苯楼（屋）盖模板沿跨度采用基本长度 1000mm 的模板并可进行裁割，可沿跨度拼装成通长模板。各种跨度楼（屋）盖模板的规格宜符合表 A. 3. 3 的规定。楼（屋）盖模板的截面形状和尺寸如图 A. 3. 3 所示。

表 A. 3. 3 楼（屋）盖模板的类型和尺寸（mm）

类型	最大适用跨度 l	模板宽度 b	凹槽下宽度 c'	凹槽上宽度 c	底板厚度 t	模板厚度 h
短跨板	6000	600	180	160	40	260
中跨板	7000			160		320
长跨板	8000			160		380

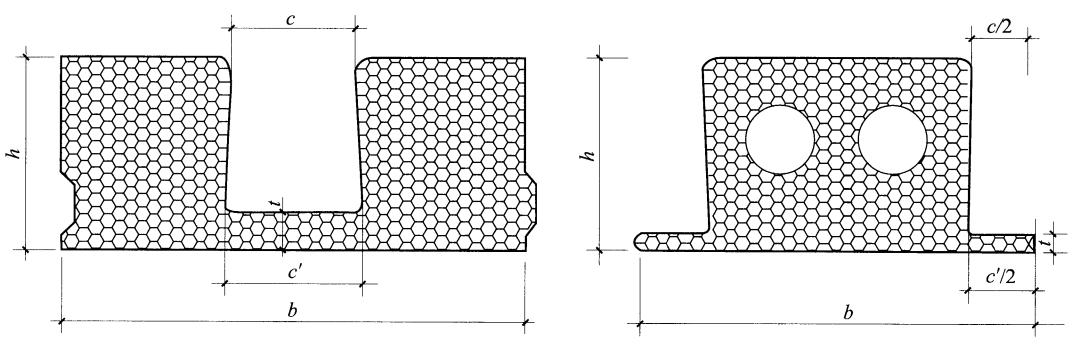


图 A. 3. 3 聚苯楼（屋）盖模板

A. 3. 4 聚苯模板混凝土楼（屋）盖可根据跨度不同，取不同的模板厚度，见表 A. 3. 4。

表 A. 3. 4 聚苯模板楼盖厚度（mm）

楼板跨度（m）	≤6	≤7	≤8
楼盖总厚度	300	360	420
混凝土结构厚度	260	320	380
混凝土面层最小厚度	40	40	40

A.3.5 聚苯模板混凝土楼（屋）盖根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 的有关规定，按单向密肋楼盖进行计算，并满足相应的构造要求。

A.3.6 聚苯模板混凝土楼（屋）盖应在板端和板侧与周边墙体可靠连接。端部伸入支座墙体受力钢筋的锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 的有关规定。楼（屋）盖上的洞口宜布置在肋梁之间，在洞边应配置不少于被切断钢筋截面积的附加钢筋，并保证足够的锚固长度。

A.3.7 当采用聚苯模板混凝土楼（屋）盖时，其底面宜采用石膏板贴面，并与聚苯模板可靠连接。

A.3.8 聚苯模板混凝土屋盖（平屋盖和坡屋盖）的热工性能指标可按表 A.3.8 采用。

表 A.3.8 聚苯模板屋盖的热工性能指标

序号	跨度（mm）	肋间距（mm）	肋宽度（mm）	肋高度（mm）	模板厚度（mm）	底板厚度（mm）	屋盖传热系数 K［W/（m^2·K）］	屋盖热惰性指标 D
1	≤6000	600	160	220	260	40	0.46	4.24
2	≤7000			280	320		0.44	4.83
3	≤8000			340	380		0.41	5.41

注：热工性能中已考虑了屋面板上表面的水泥砂浆找平层和 25mm 厚挤塑聚苯板保温隔热层和防水层的影响。

A.3.9 聚苯模板混凝土楼盖的热工性能指标可按表 A.3.9 采用。

表 A.3.9 聚苯模板楼盖的热工性能指标

序号	跨度（mm）	肋间距（mm）	肋宽度（mm）	肋高度（mm）	模板厚度（mm）	底板厚度（mm）	楼盖传热系数 K［W/（m^2·K）］	楼盖热惰性指标 D
1	≤6000	600	160	220	260	40	0.63	3.75
2	≤7000			280	320		0.59	4.34
3	≤8000			340	380		0.55	4.92

注：热工性能中已考虑了模板下表面的石膏板，但未包括上表面地面材料的影响。

A.4 现浇空心楼（屋）盖

A.4.1 现浇混凝土空心楼盖为按一定规则放置埋入式内模后，经现场浇筑混凝土而在楼板中形成空腔的楼盖。现浇混凝土空心楼盖的节能效果如下：

1. 通过埋入内模使现浇楼板中产生各种空腔，节约混凝土用量，降低楼板自重，减少配筋量，提高楼板的保温隔热性能。

2. 可较方便地实现大跨度楼板。把空心楼板应用到板柱结构及扁梁结构中，有利于降低建筑层高，在有限的房屋建筑高度要求下获得更多的使用空间。

A.4.2 现浇空心楼盖的内模。

1. 内模可采用空心的筒芯、箱体，也可采用轻质实心的筒体、块体。

2. 内模应具有符合要求的规格尺寸、外观质量和物理力学性能。

3. 内模材料中氯化物和碱的含量应符合现行有关标准的规定，且不应含有影响环境和人身健康的

有害成分。内模中各种有害物质的含量不得超过国家现行有关标准对结构混凝土的规定。

4. 筒芯内模的外径 D 可取 100、120、150、180、200、220、250、280、300、350、400、450、500mm；筒芯的长度 L 可取 500、1000、1500、2000mm。

5. 箱体内模的底面边长和高度应由设计确定。箱体的底面宜为正方形，其边长可取 400～1200mm。箱体的高度可取 150～500mm。

A. 4. 3 现浇混凝土空心楼盖结构的结构选型、内力分析、承载力计算及施工要求应符合中国工程建设标准化协会标准《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》CECS 175:2004 的有关规定。

A. 4. 4 构造要求。

1. 板厚。

1）现浇混凝土空心楼板的经验跨高比可按表 A. 4. 4 采用。

表 A. 4. 4 现浇混凝土空心楼板的经验跨高比

构件类别		非预应力	预应力
边支承单向板		连续：25～30 简支：20～25	连续：35～40 简支：30～35
边支承双向板		连续：35～40 简支：30～35	连续：40～45 简支：35～40
无梁的柱支承板	无柱帽	25～30	30～40
	有柱帽	30～35	35～45

注：1. 边支承双向板的跨高比，宜按柱网的短向跨度考虑；无梁的柱支承板的跨高比，宜按柱网的长向跨度考虑。

2. 荷载较大时，表中所列跨高比数值应适当减小。

3. 当楼板跨度较大时，建议采用预应力空心板。

2）当内模为筒芯时，楼板的厚度不宜小于 180mm；当内模为箱体时，楼板的厚度不宜小于 250mm。

2. 当内模为筒芯时，现浇混凝土空心楼板截面的尺寸应根据计算确定，并应符合下列规定：

1）筒芯顺筒肋宽与筒芯外径的比值不宜小于 0. 2；顺筒肋宽尺寸：对钢筋混凝土楼板不应小于 50mm，对预应力混凝土楼板不应小于 60mm。

2）当筒芯沿顺筒方向间断布置时，横筒肋宽不应小于 50mm。

3）板顶厚度和板底厚度宜相等，且不应小于 40mm。

3. 当内模为箱体时，箱体间肋宽与箱体高度的比值不宜小于 0. 25；肋宽尺寸：对钢筋混凝土楼板不应小于 60mm，对预应力混凝土楼板不应小于 80mm。

4. 现浇混凝土空心楼盖中钢筋的布置应符合下列规定：

1）楼板宜采用分离式配筋，跨中的板底钢筋宜全部伸入支座，支座板面钢筋向跨内延伸的长度应覆盖负弯矩图并满足钢筋锚固的要求。纵向受力钢筋的间距不宜大于 250mm。

2）当内模为筒芯时，顺筒方向的纵向受力钢筋与筒芯的净距不得小于 10mm；在肋宽范围内，宜根据肋宽大小设置构造钢筋。

3）当内模为箱体时，纵向受力钢筋与箱体的净距不得小于 10mm；肋宽范围内应布置箍筋。

5．现浇混凝土空心楼盖的混凝土保护层确定尚应符合下列规定：

1）现浇空心楼板的板顶和板底可按“板”确定保护层厚度。

2）现浇空心楼板中配置受力箍筋的肋梁，宜按“梁”确定保护层厚度。

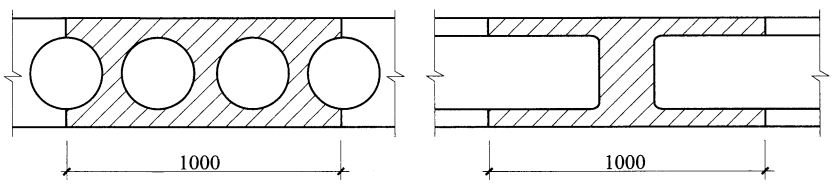
3）无梁的柱支承板楼盖中的暗梁宜按“梁”确定保护层厚度。

6．钢筋的锚固长度、搭接长度应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 的有关规定。对有抗震设防要求的无梁柱支承板楼盖，暗梁和柱上板带的纵向受拉钢筋的抗震锚固长度 l_{aE} 可按下列规定计算：

7 度、8 度设防烈度：　　$l_{aE}=1.15l_a$

6 度设防烈度：　　$l_{aE}=1.05l_a$

7．配筋率计算时，楼板截面面积应按楼板的实际截面计算（见图 A.4.4），即为楼板断面中去掉内模面积后的全部面积。当内模为筒芯时，边支承双向板、柱支承板的楼板空心区域横筒方向在单位宽度（1m）内的纵向受力钢筋最小配筋量和温度收缩钢筋配筋量宜与顺筒方向相同。



（a）筒芯楼板顺筒方向　　（b）箱体楼板

图 A.4.4　配筋率计算时楼板的实际计算截面（阴影部分）

A.5　预应力叠合楼（屋）盖

A.5.1　预应力叠合楼（屋）盖的节能效果如下：

1．可采用各种空心截面的预制板作为底板，能提高保温隔热性能并节约混凝土用量。

2．采用高强钢丝、钢绞线作为预应力配筋，可节约钢筋用量，降低造价。

3．可在叠合楼板后浇混凝土层中预先埋入各种保温隔热材料，提高楼板的保温隔热性能。

A.5.2　预应力单向叠合楼（屋）盖。

1．预应力单向叠合楼（屋）盖主要由预制叠合底板和现浇混凝土叠合层组成的。预制叠合底板分为空心板和实心薄板两种。空心板叠合底板可为各种形式的预制预应力混凝土空心板，可根据标准设计图集选用，也可由设计人员直接设计。实心预制叠合底板应用也可参照国家建筑设计标准图集或地方建筑图集选用，底板宽度一般为 900、1200、1500mm，跨度为 2.4～4.2m。

2．单向叠合楼（屋）盖分为施工阶段有支撑和无支撑两种情况。二者的设计方法不同，可参照国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 第 10.6 节的有关规定进行设计，并按要求进行施工。

A.5.3　预应力双向叠合楼（屋）盖。

1．预应力双向叠合楼（屋）盖由实心叠合底板和后浇混凝土层组成，预制的叠合底板在主受力方向纵向布置预应力筋，在横向布置非预应力钢筋，通过板侧的整体式拼缝实现底板横向钢筋的搭接传力。同时，在后浇混凝土层中布置双向板负弯矩钢筋。

A.7.4 类型Ⅱ的坡屋面结构通常采用钢筋混凝土斜板和斜梁或钢结构屋架等构件组成的承重支承体系，在斜板上铺设瓦材。屋面保温隔热层可与顶层吊顶相结合设置。

A.7.5 坡屋面的承重结构应充分利用房屋顶层的承重结构作为支承，并采取措施保证两者之间的连接可靠和受力性能良好。

A.7.6 类型Ⅱ的坡屋面应设置合理的防火分区，严防相邻房间发生火灾扩散的可能性。

A.7.7 檩条通常可采用热轧槽钢、角钢或冷弯薄壁C型钢等构件，并应根据受力合理、施工方便、造价低廉的原则进行选型。

A.7.8 屋面瓦材可选用：油毡瓦、合成树脂瓦、块瓦型钢板彩瓦、彩色混凝土瓦、压型钢板、夹芯板（压型钢板保温板）等。

附录 B　免拆模混凝土墙体

B.1　聚苯模板混凝土墙体

B.1.1　基本规定。

用两块平行的聚苯乙烯泡沫塑料板与钢制连接件做成聚苯模板，通过砌筑组装和护面连接，形成混凝土墙的模板体系。在配筋并浇筑混凝土形成结构以后，不再拆模而使聚苯面板成为混凝土墙体的一部分。由此提高了墙体的保温隔热性能（见图 B.1.1）。

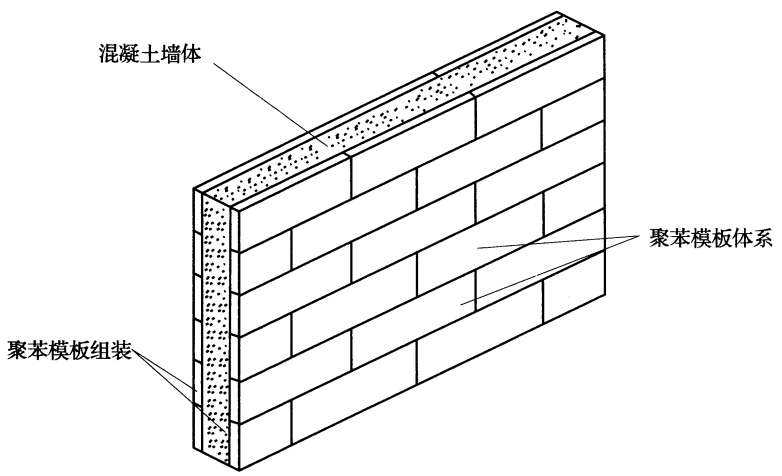


图 B.1.1　聚苯模板混凝土墙体

聚苯模板混凝土墙体在国外多用于低层单体住宅（别墅），且以单排配筋的形式应用。经引进技术并改进模板的组装工艺，聚苯模板混凝土结构可以在低层、多层、高层民用建筑剪力墙结构中应用，其他结构形式可参考应用。目前，中国工程建设标准化协会标准《聚苯模板混凝土结构技术规程》CECS 194:2006 已颁布施行。

聚苯模板混凝土墙体可按剪力墙结构设计，无其他特殊要求，且施工方便。由于模板自身可以平衡浇筑混凝土的侧压力，节省了侧向支撑，简化了施工；且养护方便；穿线埋管也比较容易。受到设计、施工单位的欢迎。但其成本较高，适用于较高级的住宅建筑。大量推广应用后，建造成本可望进一步降低。

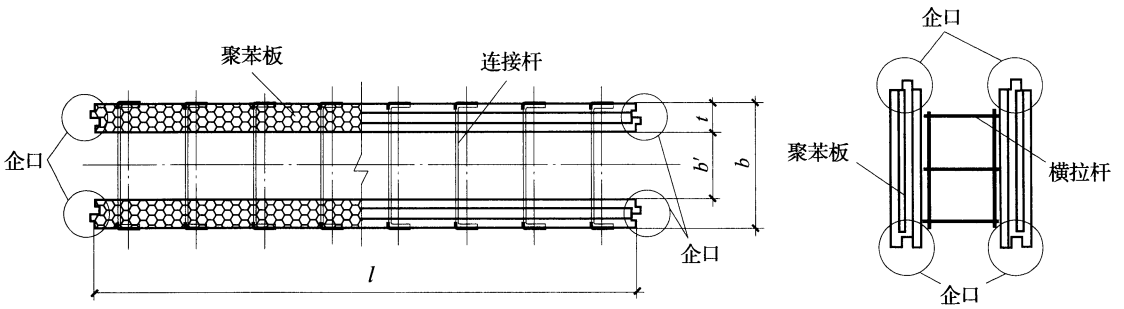
B.1.2　聚苯墙体模板。

1. 模板材料：由模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）制成，并应满足以下要求：密度不小于 24kg/m^3；浸水 24h 后体积吸水率不大于 3.5%；导热系数不大于 0.041W/（m·K）；燃烧性能不低于 B1 级；且具有必要的保温、隔热、隔声、消防、环保性能。

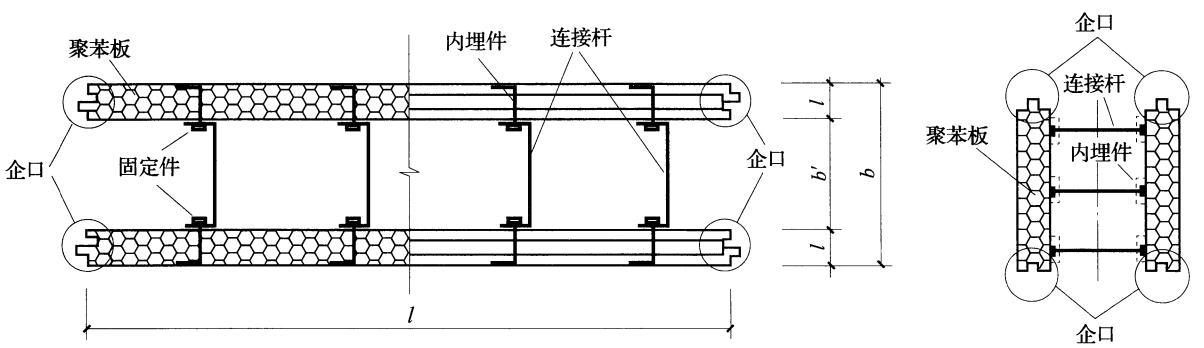
2. 模板形式：模板由钢制连接件（横拉杆）连接的两片聚苯板构成，可分为两种类型：

1）整体式模板：在制作时即靠横拉杆将两片聚苯板连成整体。其墙厚为固定值，施工时钢筋绑扎、埋件、穿孔等操作不太方便。可用于单层配筋的低层房屋［见图 B. 1. 2－1（a）］。

2）装配式模板：通过预埋在聚苯板中的埋件及横拉杆、固紧件，在施工现场拼接组装成墙体模板。其可根据需要调节墙厚，并基本不影响钢筋绑扎、埋件、穿孔等施工操作。可用于双层配筋的多层、高层建筑［见图 B. 1. 2－1（b）］。



（a）整体式模板



（b）装配式模板

图 B. 1. 2－1　聚苯墙体模板的形式

为适应建筑设计的需要，墙体模板外形可做成平墙、直角墙（90°）、斜角墙（135°）三种，通过组装还可形成 T 形墙，如图 B. 1. 2－2 所示。

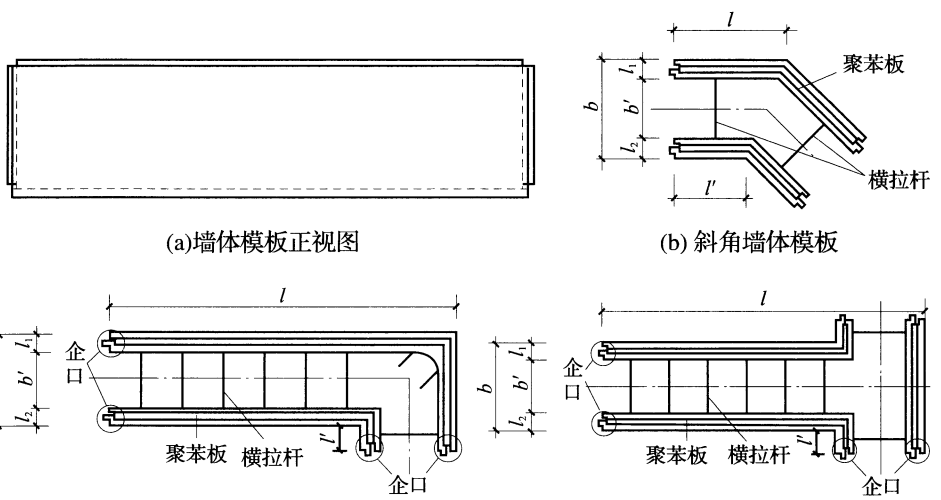


图 B. 1. 2－2　聚苯墙体模板的形状

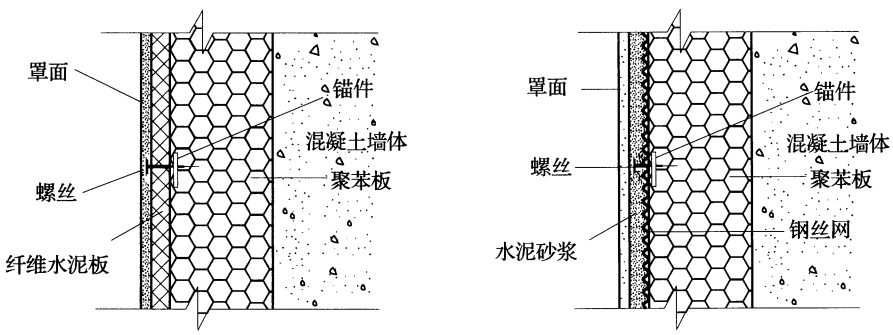
3. 尺寸：聚苯墙体模板尺寸宜符合表 B. 1. 2 的规定。根据结构设计及施工的需要，模板形状、尺寸可作适当调整；也可对墙体模板进行截割加工，但截割后两片聚苯板之间应有不少于 2 组的横拉杆连接。

表 B. 1. 2　聚苯墙体模板的基本尺寸（mm）

类型	高度 h	基本长度 l	转角最小长度 l'	总厚度 b	内腔厚度 b'	模板厚度 t	横拉杆最大间距	转角
平墙	300	1200	—	270	150	60	400	—
直角墙		—	100	320	200			90°
斜角墙		—	100	370	250			135°

B. 1. 3　墙体模板的护面及连接。

为保证组装后墙体模板的整体刚度及承载力，墙体模板拼装后两侧应加做厚度不小于 12mm 的纤维水泥板；或厚度不小于 15mm 的镀锌钢丝网水泥砂浆层，作为依托而形成墙体模板的护面。护面可以保护聚苯模板，同时还具备保温、隔热、隔声以及防水、抗渗的功能。墙体模板与护面之间应通过预埋在聚苯模板内的钢制预埋锚件用铆钉（或螺栓）等实现可靠的连接（见图 B. 1. 3）。



（a）纤维水泥板护面　　（b）钢丝网水泥砂浆护面

图 B. 1. 3　聚苯墙体模板的护面及连接

B. 1. 4　建筑设计。

聚苯模板混凝土结构适用于以剪力墙作为竖向受力构件、跨度不小于 6m 的密肋楼盖或其他结构形式楼盖的民用建筑。楼盖内分室隔墙可采用其他轻质材料或预制构件。

建筑设计中墙体内的各种管道、管线及埋件可利用开槽的方法敷设在聚苯模板层中。

采用聚苯模板混凝土墙体的建筑，可结合模板护面按一般方法进行表层装饰。

B. 1. 5　节能设计。

聚苯混凝土墙体的热工性能指标如表 B. 1. 5 所示。

表 B. 1. 5　聚苯模板墙体的热工性能指标

序号	墙体厚度（mm）	混凝土厚度（mm）	模板厚度（mm）	墙体传热系数 K [W/（m^2 · K）]	墙体热惰性指标 D
1	270	150	60	0. 35	2. 95
2	320	200			3. 29
3	370	250			3. 81

注：热工性能中已考虑了两侧护面层的作用。

B. 1. 6 结构设计。

1. 结构布置：墙体的竖向布置应规则、均匀，不应错位，且应避免过大的外挑和内收。门窗洞口宜上下对齐，成列布置。墙体的单层高度不宜大于4m。

2. 伸缩缝间距：可按设计规范中相应剪力墙结构伸缩缝间距的规定适当放宽。

3. 基础：混凝土厚度不宜小于200mm，且宜采用双排配筋并与上部结构实现可靠连接。

4. 墙体厚度及配筋方式：聚苯模板混凝土墙体的厚度和配筋方式宜符合表 B. 1. 6 的要求。

表 B. 1. 6 聚苯模板墙体的厚度和配筋方式（mm）

建筑高度	不高于三层	不高于十二层	高于十二层
墙体厚度	≥150，且≥h/25	≥200，且≥h/20	≥250，且≥h/16
配筋方式	单排	双排	双排

注：1. h 为结构层高。

2. 高于三层的一、二级抗震等级剪力墙，在其底部加强部位墙厚不应小于 h/16；当墙端无端柱或翼墙时，还不应小于 h/12。

5. 低层结构的设计规定：对三层及三层以下的聚苯模板混凝土剪力墙，其水平、竖向分布钢筋的配筋率均不应小于0. 2%，且直径不应小于8mm，间距不应大于300mm。剪力墙边缘构件中的纵向钢筋数量不应少于4根，直径不应小于12mm；箍筋直径不应小于6mm，间距不应大于300mm。

B. 2 建筑模网混凝土墙体

B. 2. 1 基本规定。

建筑模网混凝土墙体是利用镀锌薄钢板经开缝拉制扩张形成的蛇皮形钢板网作为模板面层，加竖向槽形加劲肋龙骨以及横向连接钢筋（或钢片）作为永久性模板（建筑模网），经配筋浇筑混凝土后形成的混凝土结构。在建筑模网一侧放置轻质保温材料，即形成具有外保温的隔热性能良好的节能型建筑模网混凝土墙体（见图 B. 2. 1）。

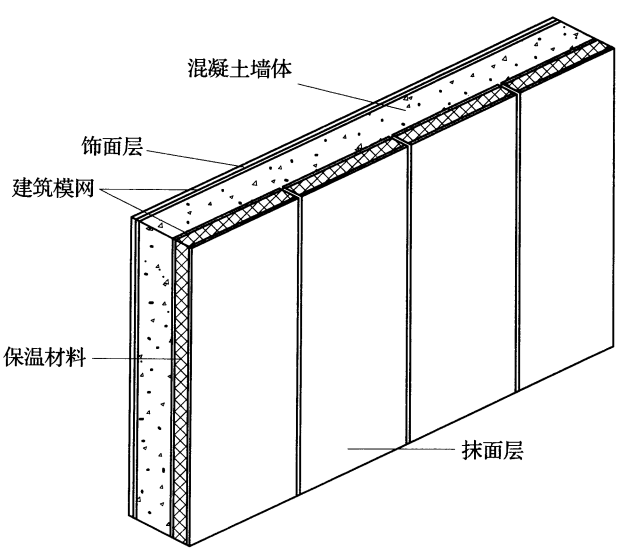


图 B. 2. 1 建筑模网混凝土墙体

建筑模网在国外称为帝批（Dipy）模网，已有较长的应用实践，用于多层混凝土剪力墙结构。经引进技术及改进工艺并进行试验研究及试点应用，已编制成地方标准，并建成工程面积在 100 万 m^2 以上。建设部行业标准《建筑模网应用技术规程》也正在编制中。

建筑模网具有与聚苯模板相似的特点，但尺寸布置受模板规格及拼装截割的影响，配筋与模板施工须穿插配合，这些弱点正通过工程实践逐渐改进。

B. 2. 2　模网。

模板体系由镀锌钢板孔网、竖向龙骨、水平折钩拉筋或连结钢片组成（见图 B. 2. 2）。

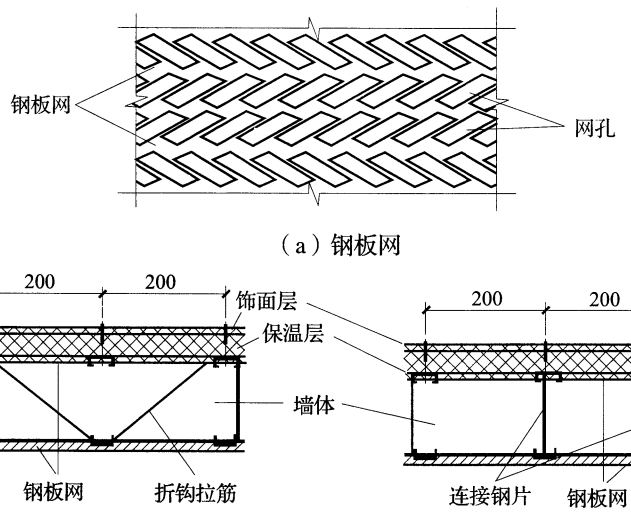


图 B. 2. 2　建筑模网体系

标准模网体系的规格按表 B. 2. 2 选用，也可根据设计要求自行确定。

表 B. 2. 2　标准建筑模网的规格（mm）

厚度	水平拉筋		宽度	高度	龙骨间距
	直径	竖向间距			
160	6	100	300、500、700、900、1100	≤4200	200
		200			
200	6	100			
		200			
250	6	100			
		200			

注：当采用保温型模网时，模网一侧聚苯板的厚度应根据混凝土和聚苯板传热系数加权计算后确定。应满足有关建筑节能标准的要求，并在单体工程设计中注明。

B. 2. 3　建筑设计。

1. 模板体系应竖向布置，模网混凝土建筑的开间、进深尺寸宜符合标准模网宽度任意组合的倍数加上外墙厚度；模网混凝土剪力墙墙肢长度宜等于标准规格模网或其组合后的宽度；墙肢可由一片或若干片模网组成。

2. 门、窗宽度宜为标准模网宽度或为其倍数，门、窗高度由设计者确定。

3. 模板不宜在层间设置水平拼缝，当必须设置水平拼缝时，应做加强处理。

4. 模网混凝土墙体建筑的层高不宜超过4.2m。

5. 模网建筑的外墙抹面应做分缝处理，可结合立面设计确定分缝的数量。分缝槽的尺寸宜为20mm宽、8mm深。应在模网拼缝处外墙抹灰的找平层与面层之间加铺200mm宽的耐碱玻璃纤维网格布。在门窗洞口的角部，也应沿45°方向加铺400mm长、200mm宽的耐碱玻璃纤维网格布。

6. 外墙饰面允许采用涂料、面砖或幕墙等材料。幕墙龙骨的连接件应锚固于模网混凝土内。

7. 模网混凝土墙体的耐火极限不应少于3.5h。

B.2.4 节能设计。

保温材料的导热系数和蓄热系数应按表B.2.4-1修正后的计算值采用。而挂钉对模网传热系数的影响，宜采用修正系数1.10。模网建筑维护结构传热系数修正值按表B.2.4-2采用。

表B.2.4-1 导热系数、蓄热系数的修正系数

材料名称	材料分类	用途部位	
		墙体	屋面及地面
聚苯乙烯泡沫塑料	模塑聚苯乙烯泡沫塑料	1.20	1.25
	挤塑聚苯乙烯泡沫塑料	1.15	1.20

表B.2.4-2 模网建筑围护结构传热系数的修正系数

围护结构部位	修正系数
屋面、地面	1.0
墙面	1.10

模网建筑外墙及屋面板等围护结构保温材料的厚度，应依据本地区建筑节能设计标准的规定按有关规范的方法计算确定。

B.2.5 结构设计。

1. 经试验研究，在垂直和水平力的共同作用下，建筑模网混凝土墙体的受力情况和破坏机理与普通混凝土剪力墙结构基本相同，可将模网混凝土建筑作为剪力墙结构进行内力分析。

2. 应根据实际情况对模网混凝土剪力墙结构进行重力荷载、风荷载和（或）地震作用效应分析。所取用的竖向荷载、风荷载、雪荷载等，应根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001的有关规定执行。所取用的地震作用，应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001的有关规定执行。

3. 结构计算中的荷载效应组合应符合国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001的有关规定；荷载效应与地震作用效应组合应符合国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001的有关规定。

4. 模网混凝土剪力墙结构的内力与位移可按弹性方法进行计算。抗震设计时，模网混凝土剪力墙结构中的连梁刚度可以折减，折减系数不宜小于0.5。

5. 模网混凝土结构剪力墙应进行平面内偏心受压和偏心受拉正截面承载力计算、斜截面受剪承载力计算，以及平面外轴心受压承载力计算。在集中荷载作用下，当剪力墙内无暗柱时还应进行局部受

压承载力验算。对连梁应进行正截面受弯、斜截面受剪承载力计算。此外，还应对模网混凝土剪力墙在楼层水平施工缝处的抗滑移能力进行计算。计算应区分有地震作用组合和无地震作用组合的不同情况。计算公式及系数应由试验确定。

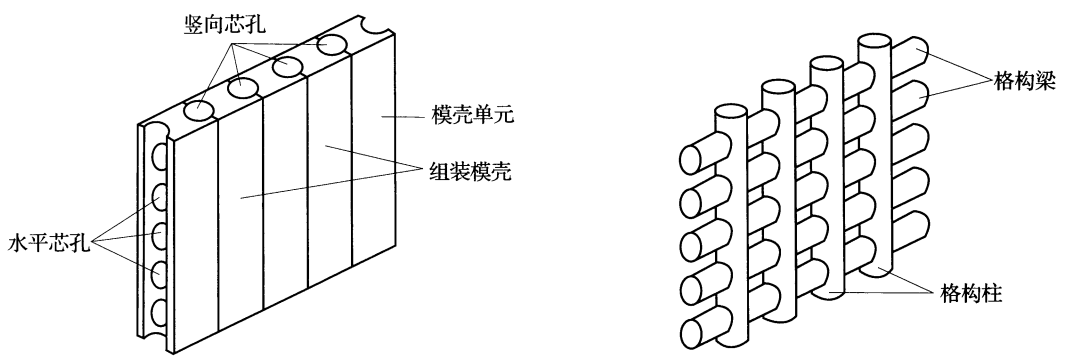
6. 由于模网中的竖向龙骨和水平折钩拉筋的不连续，设计中应加强对墙体的约束。应在模网混凝土结构剪力墙中设置钢筋混凝土暗柱和暗梁，加强模网混凝土剪力墙边缘在水平和竖向的约束，约束构件中的钢筋应连续贯通。

7. 模网中的竖向龙骨、水平折钩拉筋或连结钢片可以折算作为剪力墙结构中的竖向和水平分布钢筋使用。设计需要时，两片模网拼缝处相邻龙骨中应设置 4 根直径不小于 12mm 的竖向连续钢筋，还可另行配置附加和水平钢筋。

B. 3　模壳格构混凝土墙体

B. 3. 1　基本规定。

在水泥聚苯模壳组装形成模板体系的格构状空腔内［见图 B. 3. 1（a）］配筋并浇筑自密实混凝土；混凝土凝固以后不再拆模，即形成由水平格构梁和竖直格构柱组成的钢筋混凝土格构状墙体［见图 B. 3. 1（b）］。利用模壳中的聚苯泡沫颗粒，可以提高混凝土结构的保温隔热性能，达到建筑节能的目的。



(a)组装模壳体系　　(b)格构混凝土墙体

图 B. 3. 1　模壳格构混凝土墙体

模壳混凝土格构墙体在国外称为纳士塔（RASTRA）墙体。主要用于低层住宅建筑，是一种综合性能良好的节能型结构形式。根据我国国情引进该项技术并经试验研究，将应用范围扩大到地震区和多层建筑。适用于抗震设防基本烈度不大于 8 度，设计基本地震加速度不大于 0. 2g 地区中不超过 6 层的住宅建筑或其他民用建筑。目前，中国工程建设标准化协会标准《水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅技术规程》CECS 173∶2004 已颁布施行。

模壳格构混凝土墙体节省混凝土，但尺寸布置受格构梁、格构柱间距的限制；拼模、配筋施工与组装模板不太方便；对施工混凝土流动性要求较严且容易胀模，因此工程应用尚不多。

B. 3. 2　水泥聚苯模壳。

水泥聚苯模壳由水泥、聚苯颗粒、外加剂加水搅拌模压制成，材料的主要性能应满足下列要求：

1. 聚苯乙烯泡沫塑料颗粒：颗粒粒径宜为 2 ~ 6mm；堆积密度应为 12 ~ 21kg/m^3；且能防止虫蛀和鼠啃。

2. 干密度为 350kg/m^3（允许偏差 ± 10%）；抗压强度不小于 0.4N/mm^2；抗拉强度不小于 0.3N/mm^2。

3. 导热系数不大于 0.083W/（m · K）；抗冻性在 -20 ~ 100℃下循环 50 次无损坏；质量吸水率不大于 34.5%。

聚苯模壳的原材料按规格尺寸在工厂内模压而形成的模壳单元体，分成标准件、对称件、边端件三种形式。模壳的规格有三种，尺寸如图 B.3.2 及表 B.3.2 所示。

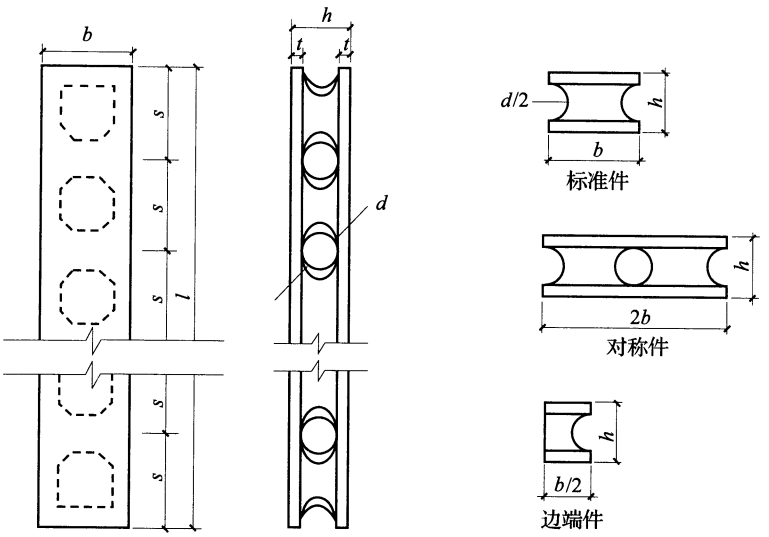


图 B.3.2　模壳类型及形状

表 B.3.2　水泥聚苯模壳的规格尺寸（mm）

墙厚 h	孔径 d	壁厚 t	墙高 l	孔间距 s
250	160	45	2800	400
320		80		
380		110		

注：1. 必要时，模壳芯孔直径 d 可选用 200mm。

2. 必要时，可选用水泥聚苯平板（厚度 45、80、110mm 等）作衬模或楼板的底模。

B.3.3　建筑设计。

1. 模壳格构式混凝土墙体宜采用中心线定位。建筑模数平面宜采用 4M，竖向 1M。墙体上的门窗宜上下对齐成列布置，且与格构梁、格构柱或边缘构件可靠连接。设计时应作出模壳拼排的平面图、立面图。

2. 墙体上的建筑配件应与梁、板、格构梁、格构柱及边缘构件可靠连接。预埋件、管线的位置及固定方式必须在拼排图上标注并与结构设计配合。

3. 外墙表面应做饰面，并宜采用有防护层的涂料；外墙挑出的构配件应做防水、排水等处理；高湿度房间的墙面应设置防水涂层。

B.3.4　节能设计。

模壳混凝土结构外墙的热工性能指标如表 B.3.4 所示。

表 B.3.4　不同厚度外墙的热工性能指标

序号	墙体厚度 h（mm）	钢筋混凝土格构柱直径 d（mm）	两侧聚苯水泥壁厚 t（mm）	外墙主体部位		外墙平均传热系数 K_m［W/(m²·K)］
				传热系数 K［W/(m²·K)］	热惰性指标 D	
1	250	160	45	0.85	3.12	0.92
2	320	160	80	0.53	4.30	0.58
3	380	160	110	0.40	5.30	0.44

注：外墙平均传热系数为包括外墙主体部位和周边热桥部位在内的平均传热系数。

防潮设计应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176—93 的有关规定。在严寒和寒冷地区，采暖建筑外墙不宜采用水蒸气渗透阻大的密实饰面层。

在严寒地区，水泥聚苯模壳的初始含水率不应超过 15%。

墙体为非燃烧体，耐火极限不小于 4h，加权隔声量不小于 50dB。

B.3.5　结构设计。

1. 房屋层高不宜大于 3m，开间不宜大于 4.8m，伸缩缝间距不宜大于 55m。

2. 格构梁、柱内应配置热轧带肋钢筋，配筋百分率不应小于 0.2%。芯孔直径 160mm 时，钢筋直径不应小于 12mm；芯孔直径 200mm 时，不应小于 14mm。

3. 格构式混凝土墙体结构的圈梁、连梁、洞口、边缘构件等应保证必要的截面尺寸及配筋，且钢筋应有足够的锚固长度及构造措施。应满足《水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅技术规程》CECS 173:2004 的有关规定。模壳形成的水平和竖向芯孔内配筋浇筑自密实混凝土而形成的水平梁和竖向柱称为格构梁、格构柱，其是组成格构式墙体的构架组件。竖向芯孔内配置不少于 3 根纵向钢筋和适量箍筋的格构柱称为加强格构柱。

4. 结构布置。

格构式混凝土墙体结构布置平面宜简单规则，竖向体系宜规则、均匀。刚度及承载力应分布均匀，不应采用能引起严重热耗的不规则平面布置和竖向结构。

5. 墙肢截面高度不宜小于 800mm，且至少应包括有两个完整的格构柱。

6. 对 4～6 层住宅，格构梁、格构柱的混凝土强度等级不宜低于 C30，也不宜大于 C50。

7. 墙体的正截面受压承载力由格构柱承载。当格构柱平均压应力小于 $0.5f_c$（f_c 为混凝土轴心抗压强度设计值）时，可不进行正截面受压承载力计算。当需要计算时，对配置单根纵筋的格构柱，按素混凝土构件计算。

8. 当集中力作用于格构柱上时，配置单根纵筋的格构柱按素混凝土构件计算。当集中力作用于格构柱之间时，应设置梁垫。

9. 斜截面受剪承载力按《水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅技术规程》CECS 173:2004 的有关规定计算。

B.3.6　抗震设计。

1. 应采用横墙承重或纵横墙共同承重的结构体系。

2. 纵横墙的布置宜均匀对称，平面内宜对齐，竖向应上下连续。

3. 楼梯间不宜设置在房屋的端头或转角处。

4. 建筑层高不宜大于 3.0m；开间在 6、7 度抗震设防地区不宜大于 4.8m；在 8 度抗震设防地区不宜大于 4.5m。

主要依据的标准规范

1.《砌体结构设计规范》GB 50003—2001（2002 版）
2.《建筑结构荷载规范》GB 50009—2001（2006 版）
3.《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002
4.《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001
5.《钢结构设计规范》GB 50017—2003
6.《民用建筑热工设计规范》GB 50176—93
7.《砌体工程施工质量验收规范》GB 50203—2002
8.《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2002
9.《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001
10.《住宅设计规范》GB 50096—1999
11.《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2002
12.《混凝土小型空心砌块建筑技术规程》JGJ/T 14—2004
13.《蒸压加气混凝土应用技术规程》JGJ 17
14.《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》JGJ 26—95
15.《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》JGJ 52—1992
16.《混凝土拌和用水标准》JGJ 63—89
17.《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75—2003
18.《砌筑砂浆配合比设计规程》JGJ 98—2000
19.《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—2002
20.《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102—2003
21.《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134—2001
22.《多孔砖砌体结构技术规范》JGJ 137—2001（2002 版）
23.《外墙外保温工程技术规程》JGJ 144—2004
24.《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145—2004
25.《蒸压灰砂砖砌体结构设计与施工规程》CECS 20:90
26.《水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅技术规程》CECS 173:2004
27.《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》CECS 175:2004
28.《聚苯模板混凝土结构技术规程》CECS 194:2006
29.《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》GB 1499—1997
30.《普通混凝土小型空心砌块》GB 8239—1997
31.《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB 1596—2005
32.《建筑物隔热用硬质聚氨酯泡沫塑料》QB/T 3806—1999

33.《混凝土小型空心砌块检验方法》GB/T 4111—1997
34.《烧结普通砖》GB 5101—2003
35.《碳钢焊条》GB 5117—1995
36.《建筑材料放射性核素限量》GB 6566—2001
37.《涂装前钢材表面锈蚀等级和防锈等级》QB 8923—88
38.《掺工业废渣建筑材料产品放射性物质控制标准》GB 9196—88
39.《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1—2002
40.《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.2—2002
41.《绝热用岩棉、矿渣板及其制品》GB/T 11835—1998
42.《蒸压灰砂砖》GB 11945—1999
43.《蒸压加气混凝土砌块》GB 11968—1997
44.《彩色涂层钢板及钢带》GB/T 12754—2006
45.《烧结多孔砖》GB 13544—2000
46.《建筑用砂》GB/T 14684—2001
47.《建筑用卵石、碎石》GB/T 14685—2001
48.《钢结构防火涂料》GB 14907—2002
49.《轻集料混凝土小型空心砌块》GB/T 15229—2002
50.《蒸压加气混凝土板》GB 15762—1995
51.《自钻自攻螺钉》GB/T 15856.1～5—2002
52.《轻集料及其试验方法　第1部分：轻集料》GB/T 17431.1—1998
53.《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046—2000
54.《膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统》JG 149—2003
55.《胶粉聚苯颗粒外墙外保温系统》JG 158—2004
56.《混凝土用膨胀型、扩孔型建筑锚栓》JG 160—2004
57.《粉煤灰砖》JC 239—2001
58.《住宅内隔墙轻质条板》JG/T 3029—1995
59.《金属面聚苯乙烯夹芯板》JC 689—1998
60.《混凝土小型空心砌块砌筑砂浆》JC 860—2000
61.《混凝土小型空心砌块灌孔混凝土》JC 861—2000
62.《粉煤灰小型空心砌块》JC 862—2000
63.《金属面硬质聚氨酯夹芯板》JC/T 868—2000
64.《金属面岩棉、矿渣棉夹芯板》JC/T 869—2000
65.《蒸压加气混凝土用砌筑砂浆与抹面砂浆》JC 890—2001
66.《全国民用建筑工程设计技术措施——结构》2003