

# 砌体结构设计原理

朱伯龙 编著

同济大学出版社

# 砌体结构设计原理

朱伯龙 编著

同济大学出版社

目 录

第一章 绪论

1.1 砌体概述..... ( 1 )

1.1.1 砌体结构的历史..... ( 1 )

1.1.2 我国砌体结构的现状..... ( 1 )

1.1.3 砌体结构的优缺点..... ( 2 )

1.2 砌体的块材..... ( 2 )

1.2.1 砖..... ( 2 )

1.2.2 砌块..... ( 4 )

1.2.3 石材..... ( 5 )

1.3 砌体的砂浆..... ( 5 )

1.4 砌体的种类..... ( 6 )

1.4.1 无筋砌体..... ( 6 )

1.4.2 配筋砌体..... ( 7 )

1.4.3 组合砌体..... ( 8 )

1.4.4 加木或加钢筋混凝土砌体..... ( 9 )

1.5 近代砌体结构的发展..... ( 9 )

第二章 砌体材料的力学性能

2.1 砌体的受压性能..... ( 13 )

2.1.1 砖的受压破坏及应力-应变曲线..... ( 13 )

2.1.2 砂浆的受压破坏及应力-应变曲线..... ( 14 )

2.1.3 砖砌体的受压破坏及应力-应变曲线..... ( 16 )

2.1.4 砖砌体受压破坏的讨论..... ( 18 )

2.1.5 影响砌体抗压强度的若干因素..... ( 20 )

2.1.6 砖砌体的泊桑系数..... ( 23 )

2.2 砌体的受拉性能..... ( 23 )

2.2.1 砌体的轴心受拉..... ( 23 )

2.2.2 砌体的弯曲受拉..... ( 24 )

2.3 砌体的受剪性能..... ( 26 )

2.4 砌体与混凝土之间的受剪性能..... ( 26 )

2.5 钢筋在砌体中的锚固..... ( 26 )

2.6 砌体的徐变..... ( 27 )

第三章 砌体构件的受力性能

- 3.1 无筋砌体构件的受压 ( 29 )
  - 3.1.1 轴心及偏心受压构件的弯矩-曲率关系 ( 29 )
  - 3.1.2 轴心及偏心受压构件的强度 ( 33 )
  - 3.1.3 砌体受压构件的非线性分析 ( 36 )
  - 3.1.4 砌体受局部均匀压力 ( 38 )
  - 3.1.5 梁端支承处的砌体受非均匀压力 ( 39 )
- 3.2 配筋砌体、组合砌体及加钢筋混凝土砌体构件的受压 ( 42 )
  - 3.2.1 网状配筋砌体构件的受压 ( 42 )
  - 3.2.2 组合砌体构件的受压 ( 43 )
  - 3.2.3 加钢筋混凝土砌体的受压 ( 44 )
- 3.3 砌体墙的受剪 ( 45 )
  - 3.3.1 砌体受剪的破坏机制 ( 单调加载 ) ( 45 )
  - 3.3.2 无筋砌体墙在反复荷载作用下的受剪 ( 47 )
  - 3.3.3 影响无筋砌体抗剪强度的各种效应 ( 48 )
  - 3.3.4 配筋砌体墙的受剪 ( 50 )
  - 3.3.5 加钢筋混凝土砌体墙的受剪 ( 50 )
- 3.4 砌体梁的受剪 ( 50 )
- 3.5 墙梁的内力分析 ( 52 )
  - 3.5.1 墙梁在垂直荷载作用下的工作特点 ( 52 )
  - 3.5.2 墙梁的计算原则 ( 55 )

第四章 按规范设计砌体构件

- 4.1 砌体结构的安全度 ( 58 )
  - 4.1.1 砌体结构安全度表达式的历史回顾 ( 59 )
  - 4.1.2 许可应力的计算方法 ( 59 )
  - 4.1.3 破坏阶段计算方法 ( 59 )
  - 4.1.4 三系数表达的极限状态计算方法 ( 60 )
  - 4.1.5 多系数分析，总安全系数表达的极限状态计算方法 ( 61 )
- 4.2 新规范采用的分项系数表达的极限状态计算方法 ( 61 )
- 4.3 分项系数及砌体的计算指标 ( 62 )
  - 4.3.1 分项系数确定的依据 ( 62 )
  - 4.3.2 分项系数的确定 ( 63 )
  - 4.3.3 砌体的计算指标 ( 64 )
- 4.4 无筋砌体构件的强度计算 ( 65 )
  - 4.4.1 受压构件计算 ( 65 )
  - 4.4.2 砌体受局部均匀压力的计算 ( 67 )
  - 4.4.3 梁端支承处的砌体受局部非均匀压力的计算 ( 68 )

|                            |                      |         |
|----------------------------|----------------------|---------|
| 4.4.4                      | 轴心受拉构件计算             | ( 70 )  |
| 4.4.5                      | 受弯构件计算               | ( 70 )  |
| 4.4.6                      | 受剪构件计算               | ( 70 )  |
| 4.5                        | 配筋砌体构件的强度计算          | ( 71 )  |
| 4.5.1                      | 网状配筋砖砌体构件计算          | ( 71 )  |
| 4.5.2                      | 组合砖砌体构件计算            | ( 72 )  |
| 4.6                        | 过梁及墙梁的计算             | ( 73 )  |
| 4.6.1                      | 过梁的计算                | ( 73 )  |
| 4.6.2                      | 墙梁的计算                | ( 74 )  |
| 4.7                        | 例题                   | ( 77 )  |
| <b>第五章 砌体房屋的结构选型及其内力分析</b> |                      |         |
| 5.1                        | 砌体房屋的结构选型            | ( 91 )  |
| 5.1.1                      | 纵墙承重体系               | ( 91 )  |
| 5.1.2                      | 横墙承重体系               | ( 92 )  |
| 5.1.3                      | 纵横墙承重体系              | ( 93 )  |
| 5.1.4                      | 底层框架或内框架承重体系         | ( 93 )  |
| 5.2                        | 单层及多层房屋的静力计算方案       | ( 93 )  |
| 5.2.1                      | 弹性方案                 | ( 94 )  |
| 5.2.2                      | 刚性方案                 | ( 94 )  |
| 5.2.3                      | 刚弹性方案                | ( 94 )  |
| 5.3                        | 单层房屋在水平及垂直荷载作用下的内力分析 | ( 95 )  |
| 5.3.1                      | 在水平荷载作用下单层房屋纵墙的内力分析  | ( 95 )  |
| 5.3.2                      | 在垂直荷载作用下单层房屋纵墙的内力分析  | ( 97 )  |
| 5.3.3                      | 在水平荷载作用下单层房屋山墙的内力分析  | ( 98 )  |
| 5.3.4                      | 在垂直荷载作用下单层房屋山墙的内力分析  | ( 98 )  |
| 5.4                        | 多层房屋在水平及垂直荷载作用下的内力分析 | ( 99 )  |
| 5.4.1                      | 在水平荷载作用下多层房屋纵墙的内力分析  | ( 99 )  |
| 5.4.2                      | 在垂直荷载作用下多层房屋纵墙的内力分析  | ( 101 ) |
| 5.4.3                      | 在垂直荷载作用下多层房屋横墙的内力分析  | ( 103 ) |
| 5.4.4                      | 在水平荷载作用下多层房屋山墙的内力分析  | ( 103 ) |
| <b>第六章 按规范要求设计砌体房屋</b>     |                      |         |
| 6.1                        | 砌体房屋结构设计步骤           | ( 105 ) |
| 6.2                        | 结构静力计算方案的构造措施及砌体尺寸   | ( 106 ) |
| 6.2.1                      | 结构静力计算方案的构造措施        | ( 106 ) |
| 6.2.2                      | 砌体尺寸的确定              | ( 106 ) |
| 6.3                        | 结构上的作用及效应            | ( 107 ) |
| 6.3.1                      | 永久荷载                 | ( 108 ) |

6.3.2 可变荷载 ..... ( 108 )

6.3.3 地震作用 ..... ( 108 )

6.4 房屋结构内力分析的补充及讨论 ..... ( 110 )

6.4.1 墙、柱内力分析的补充 ..... ( 110 )

6.4.2 关于多层房屋在垂直荷载作用下静力计算简图的讨论 ..... ( 110 )

6.4.3 地震作用的效应 ..... ( 111 )

6.5 砌体房屋设计的构造规定 ..... ( 112 )

6.5.1 一般构造要求 ..... ( 113 )

6.5.2 防止墙体开裂的主要措施 ..... ( 114 )

6.5.3 配筋砌体的构造要求 ..... ( 114 )

6.5.4 圈梁的设置 ..... ( 115 )

6.5.5 多层房屋的抗震构造要求 ..... ( 116 )

6.5.6 单层房屋的抗震构造要求 ..... ( 119 )

6.6 墙梁的构造要求 ..... ( 119 )

6.7 多层房屋计算例题 ..... ( 120 )

附 录

附录 4-1 砌体抗压设计强度 ..... ( 129 )

附录 4-2 砌体的抗拉和抗剪设计强度 ..... ( 131 )

附录 4-3 砌体的弹性模量、线胀系数和摩擦系数 ..... ( 132 )

附录 4-4 纵向力影响系数 ..... ( 133 )

附录 4-5 受压构件的计算高度 ..... ( 138 )

附录 4-6 网状配筋砖砌体及组合砖砌体构件的纵向力影响系数 ..... ( 138 )

附录 6-1 刚性、刚弹性和弹性方案房屋的横墙间距 ..... ( 140 )

附录 6-2 墙、柱的允许高厚比 ..... ( 141 )

附录 6-3 民用建筑楼面均布活荷载 ..... ( 141 )

附录 6-4 建筑物所在场地的场地类别 ..... ( 142 )

附录 6-5 空间影响系数 ..... ( 143 )

附录 6-6 砌体房屋温度伸缩缝的最大间距 ..... ( 144 )

# 第一章 绪 论

## 1.1 砌体概述

砌体是把块材（砖、石、混凝土砌块、土块等）用灰浆（砂浆、粘土浆等）通过人工砌筑而形成的一种建筑材料。如果用砌体作为结构的材料，这种结构就是砌体结构。

### 1.1.1 砌体结构的历史

我国在公元前 2000 年就已建造土筑墙结构，东周在建筑中采用的块材，已类似于近代的砖；秦、汉时代的一些石、砖砌体结构至今仍有不少保存完好的；因此，以砖、石、土作为块材的砌体结构在我国已有 2000 多年的历史。例如：古老的万里长城，造型优美的河北赵县的安济桥（隋代）、历史最悠久的北魏时建造的嵩岳寺塔等砌体结构都是我国土木建筑史上光辉的实例。

石结构在国外，特别是有悠久文化历史的地区也早有应用。例如，古埃及的金字塔，古罗马的废墟（大量石结构），被维苏威火山吞没的庞贝城，伊斯坦布尔拜占庭时代的宫廷和庙宇等都是宏伟或历史悠久的砌体结构。

### 1.1.2 我国砌体结构的现状

尽管我国砌体结构历史十分悠久，但直到解放前，除用于城墙、佛塔、桥梁以及地下工程外，在房屋方面也多为两、三层的结构。四层以上往往采用钢筋混凝土骨架填充墙，或外墙承重，内加钢筋混凝土梁柱的结构。

解放以后，砌体结构的潜力得到发挥。在非地震区厚度为 24cm 的墙造到 6 层，加厚以后可以造到 7 或 8 层。在地震区用砖建造的房屋也达 6 或 7 层。砌体结构不仅用于各类民用房屋，而且也在工业建筑中大量采用，不仅作为承重结构，也用作围护结构。

在特种砌体结构中，诸如水池、烟囱、坝、水槽、料仓等等，解放后都在广泛地建造。

特别要指出的是：1976 年 7 月 28 日唐山地震中，绝大多数居民是由于砌体房屋倒塌而压伤或压死的。这一惨重的经验教训，一方面是由于唐山原定为 6 度区，砌体房屋未作任何抗震设防措施所造成，另一方面，这次地震实际达到 10 或 11 度，过于强烈。

砌体结构的规范设计方法和施工工艺尽管都不太复杂，但出现事故的概率颇高。因为设计中稍有不慎，施工中马虎一些，都会使砌体强度的安全储备大幅度地降低。

正因为如此，我国砌体结构应加强科学研究，提高设计质量，改善施工质量，向近代砌体发展，在地震区加强抗震设防措施，才能使目前 90% 以上城乡居民的砌体住房安全得到保障。

### 1.1.3 砌体结构的优缺点

砌体结构在我国获得了如此广泛的应用，是与这种建筑材料所具有的下列优点分不开的：

1. 可以就地取材。从块材而言，土坯，天然石，蒸养灰砂砖块的砂，焙烧粘土砖块的粘土等在自然界都大量存在；至于粉煤灰砖等还具有利用工业废料的优点。对灰浆而言，石灰、水泥、黄砂、粘土都可以就近或就地取得。因此，不仅在大中小城市可以生产块材，在农村也能自行制造多种块材。

2. 具有良好的性能：耐火、保温、隔声、抗腐蚀和具有较好的大气稳定性。

3. 与其他结构相比：砌体具有承重和围护的双重功能；施工也比较简便；节约木材、钢材和水泥。

同时，砌体结构也存在着以下的弱点：

1. 由于砌体强度较低，作为承重结构势必截面尺寸较大，这样自重也大。自重大既带来运输量大，而且在地震动作用下惯性力也大，即对抗震不利。

2. 块材和灰浆间的粘结力较小，因而反映在砌体抗拉、抗弯和抗剪强度方面也比较低。因而，在地震动作用下，无筋砌体抗震能力较差。

## 1.2 砌体的块材

块材是砌体的主要组成部分，占有砌体总体积的 78% 以上。除土坯外，我国砌体结构的主要块材是由石、粘土、工业废料和混凝土制作的；又分为实体砖、空心砖、砌块和石材等。

不论砖或石，块材以其标准试验方法所得到的抗压极限强度的 MPa 数值作为其强度等级（标号）。

新砌体结构设计规范规定：

1. 烧结普通砖、硅酸盐砖和承重烧结空心砖等的强度等级分为（括号内为 kgf/cm<sup>2</sup> 值）：MU30(300)、MU25(250)、MU20(200)、MU15(150)、MU10(100)和MU7.5(75)；

2. 砌块强度等级：MU15(150)、MU10(100)、MU7.5(75)、MU5(50)和MU3.5(35)；

3. 石材强度等级分为：MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20、MU15和MU10；

### 1.2.1 砖

砖是我国砌体结构中应用最为广泛的一种块材，除石材外历史也最为悠久。

#### 1. 实体砖

最常用的为标准砖，尺寸为 240×115×53mm。用这种砖砌成的一砖厚墙又叫 24 墙。

砌成半砖厚的叫 12 墙，如图 1-1 所示。用这种标准尺寸制作的砖，按其材料可分为以下几种：

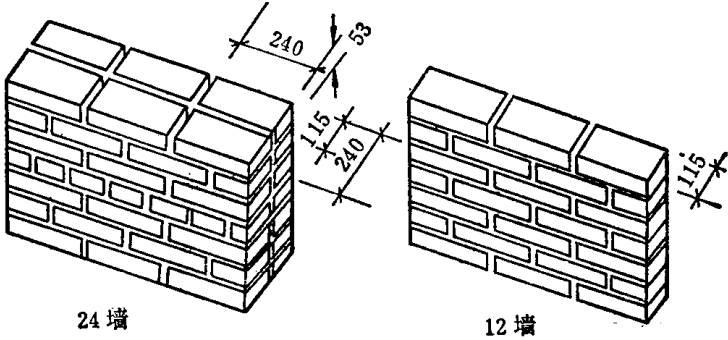


图 1-1

- a. 烧结砖，将粘土调水装模成型后，送入焙烧窑经过高温烧结而成。
- b. 灰砂砖，以砂为主要原料，加生石灰制坯，然后在蒸压釜中凝固成灰白色砖。
- c. 粉煤灰砖，又叫硅酸盐砖，它以电厂粉煤灰为主要原料，加上生石灰石膏等再蒸养而成的褐色砖。

2. 空心砖

在砖中设置许多小孔或若干个大孔，且孔洞率大于 15%，可称为空心砖。空心砖分为多孔空心砖与大孔空心砖两类。空心砖的好处是自重轻，节约原料和能源；此外，砖块加厚还可节约砌筑砂浆。

a. 多孔空心砖

1975 年国家建委颁布的《承重粘土空心砖》(JC—196—75)标准中，建议了三种规格，即 KM1、KP1 及 KP2。KM1 尺寸为 190×190×90mm，KP1 尺寸为 240×115×90mm，KP2 尺寸为 240×180×115mm。KM1 是模数空心砖，KP1 及 KP2 为普通空心砖。由于空心砖生产工艺比实心砖复杂，加以 JC—196—75 标准只规定外形尺寸而未规定孔洞形式，各地生产的空心砖规格并不统一，生产经验不易交流，因而 1985 年空心砖的产量只占总砖量的 3%。在上述三种空心砖中，以 KP1 较受欢迎，因为其平面尺寸和标准砖一样，强度略高于标准砖。1986 年上海生产的 KP1 型砖(图 1-2a)占全国空心砖产量的 40%左右。KP2 及 KM1 砖用在非地震区可使墙体减薄，南京生产的 KM1 砖如图 1-2b 所示，西安等地生产的 KP2 砖如图 1-2c 所示。在 KM1 及 KP2 砖中都有一大孔，是因为这类砖较重，为了便于抓手而设置的。KP1 砖可以用泥刀斩成任意尺寸而不需配砖，但 KP2 及 KM1 砖都需另加配砖，由于重量大其推广程度反不如 KP1 型空心砖。

b. 大孔空心砖

大孔空心砖指的是孔洞少而大(图 1-3)。尽管孔型可以千变万化，但孔洞率控制其承重能力。一般来说，用作填充墙、分隔墙的非承重大孔空心砖的孔洞率可达 40~60%。但是，对于不配筋和灌浆的砌体，用作承重墙的孔洞率不宜大于 50%。

除了上述比较整齐的砖块以外，国内少数厂也生产楼板砖。

和实体砖一样，空心砖同样可以用粘土焙烧、灰砂蒸压或粉煤灰蒸养。

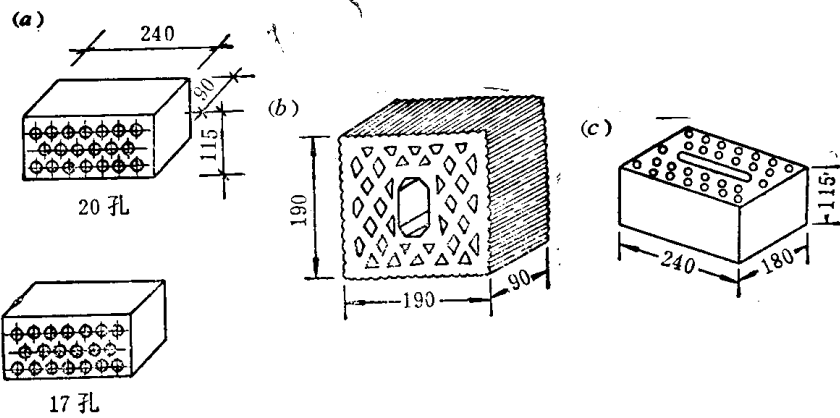


图 1-2

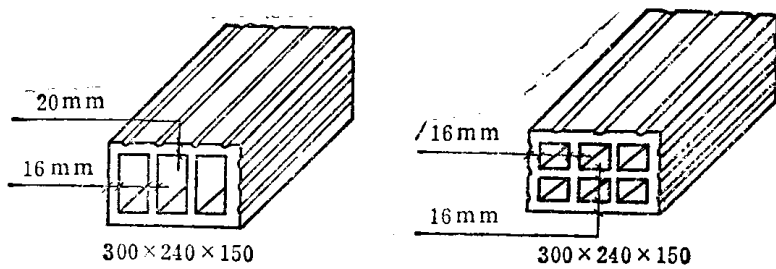


图 1-3

应当指出，大孔空心砖，特别是高强大孔空心砖具有近代砌体的必备条件，这一点将在 1.5 节砌体发展部分论述。

### 1.2.2 砌 块

当块材尺寸较大，一般谓之砌块。砌块外形尺寸可达标准砖的 6~60 倍。因此，接近 6 倍的一般谓之“小型砌块”，接近 60 倍的一般谓之“大型砌块”，介于当中的谓之“中型砌块”。某些在试制中的大型砌块可达标准砖的百倍以上。

砌块一般用混凝土浇制或粉煤灰蒸养。前者谓之混凝土砌块，后者谓之硅酸盐砌块；此外，如用加气混凝土烧制就成为“加气混凝土砌块”，虽具有良好的保温性能，但强度较低。

图 1-4 所示的为上海生产的实体砌块，由于自重较大一般要用小型起重机械吊装。图 1-5 所示为大孔空心承重砌块，从单孔到四孔。由于它的尺寸可以根据设计要求确定，又分

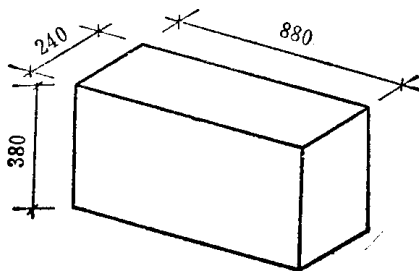


图 1-4

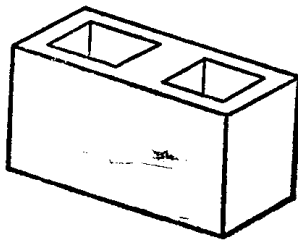


图 1-5

为中型和小型砌块，空心率也可以变化。因此，大孔空心砌块的尺寸往往因地而异。至于加气混凝土砌块还可以任意锯割，更可按用户要求确定尺寸。

### 1.2.3 石 材

在土木建筑中采用的石料，多为花岗石或石灰石。

石材是将石料加工而成。其中又分为：

1. 细料条石；
2. 半细料条石；
3. 粗料条石；
4. 毛料石；
5. 毛石。

前三者几何形状能按一定的长条形制作，高度为 20~35cm 且不小于长度的 1/4，毛料石外形只要大致方正，高度不小于 200mm。以上四种的主要区别在于叠面凹入深度的差别；细料石不大于 10mm，半细料石不大于 15mm，粗料石不大于 20mm，毛料石不大于 25mm。毛石是任意形状的块石，中部厚度不小于 200mm。显然前四者的砌体强度大于毛石砌体。

石材多为就地取材，因而常用于山区及其附近城市。除非必要一般均采用一面平整（作为主面）其余基本平整的毛料石，以节约人工，因而尽管石材强度可达 100MPa，但砌体强度仅为其千分之几而已。此外，由于这类重力密度大于  $18 \text{ kN/m}^3$  的重天然石具有较高的传热性，因而在采暖地区的外墙要求增加厚度以满足保温要求。

## 1.3 砌体的砂浆

砂浆在砌体中所占体积（灰缝）虽大大小于块材，但它能将砌体中的块材联成整体，从而改善了块材在砌体中的受力状态，提高了防水、隔热的能力等。这一点在第二章中还要讨论。

砂浆是以黄砂和适量胶结料（水泥、石灰、粘土）加水搅拌而成的。它分为：

1. 水泥砂浆：按一定的重量比或体积比把水泥和黄砂加水调制而成；
2. 石灰砂浆：按一定重量比把石灰膏与黄砂加水调制而成；
3. 石灰水泥砂浆又叫混合砂浆：按一定重量比把石灰膏、水泥和黄砂加水调制而成；
4. 粘土石灰砂浆：按一定份量把粘土、石灰、黄砂三者加水调制而成。

在砌体结构中，多采用第 1 和第 3 两种，为了节省水泥，第 2、第 4 两种用于少层房屋的勒脚线以上。

砂浆的强度一般采用 28 天龄期的立方块（ $7.07 \times 7.07 \times 7.07 \text{ cm}$ ）的抗压强度表示。

在砌体中所采用的砂浆，规范规定了以下的强度等级：

M15、M10、M7.5、M5、M2.5、M1 和 M0.4。

良好的砌体砂浆除满足设计强度要求外，还应具有以下特征：

### 1. 流动性（或可塑性）

在砌筑砌体的过程中，要求块材与砂浆之间有良好的密实度，砂浆的稠度不能太大而要具有一定的流动性；但稠度也不能太小，因为太稀也不行。为了测定合适的稠度，常用重力为 3 N 的、顶角为 30° 的标准锥体，放入砂浆测定锥体的沉入量。用于砖砌体的砂浆要求沉入量为 6~9 cm；用于毛石砌体的砂浆要求沉入量为 4~7 cm 等。

### 2. 保水性

砂浆能保持水分的能力叫做保水性。保水性不好易发生离析。在砂浆中增加石灰膏或粘土浆可以改善砂浆的保水性。砂浆的保水性以分层度表示，即静置 30 分钟，上下层沉入量之差宜在 1~2 cm。

## 1.4 砌体的种类

在砌体结构中可以分为无筋砌体、配筋砌体、组合砌体和加木或加钢筋混凝土砌体。前三者是多年来沿用的名称，本书不作改动，第四种是正在工程中发展应用的砌体。其实，后三种都属于配筋（或叫加筋）砌体，但各自又有不同的构造特点。

### 1.4.1 无筋砌体

除了块材和砂浆构成的砌体外，不加其他抗拉强度较高的材料，如钢筋、竹筋、木等，都称为无筋砌体。无筋砌体房屋的抗震和抗不均匀沉陷的能力很差，海城、唐山地震中的教训很深；因此，在设计选型中宜特别注意。

#### 1. 砖砌体

按照标准的尺寸，可以砌成 12 cm 厚（半砖墙）、24 cm 厚（一砖墙）、37 cm、49 cm 等。如果不按上述尺寸而按 1/4 进位，则需加砌一块侧砖而使厚度为 18 cm、30 cm、42 cm 等。

在施工中，可以采用一顺一顶以至五顺一顶。但应注意，上下两皮顶砖间的顺砖量愈多，则意味着宽为 24 cm 的两片半砖墙之间的联系愈弱，很易产生“两片皮”的效果而急剧降低承载能力。

在南方也常用空斗墙，如图 1-6 所示，它分为一斗一眠（图 1-6a）、多斗一眠（图 1-6b）或无眠空斗墙（图 1-6c）。空斗墙可以节约用砖和砂浆，减轻自重，但很费人工。在非地震区，空斗墙房屋也有造到四层的，但设计和施工时都需特别当心。

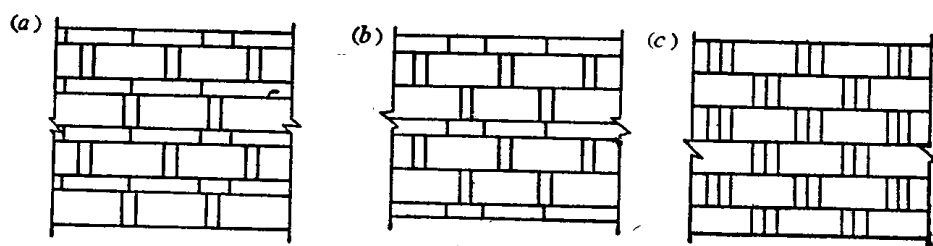


图 1-6

2. 砌块砌体

用小型、中型或大型砌块都可砌成 24 cm 墙，如果把砌块的一个尺寸改为 19 cm 或 20 cm，则可砌成 19cm 或 20cm 墙。砌块和砖不同处是：

- (1) 从重量讲，砌块大于砖；小型砌块靠人工搬运劳动强度高，中型和大型砌块需靠小型机械搬运以便减轻劳动强度。
- (2) 从砌筑方式讲，砌块一般是单片的，而砖可以砌顺砖和顶砖。
- (3) 从砌筑质量讲，砖与砂浆结合程度比砌块，特别是大、中型砌块好，虽然，节省砂浆是砌体的优点，但在地震区却成了弱点。

3. 石砌体

石砌体目前在建筑中作为承重墙应用的有两种：

(1) 粗料条石砌体

粗料条石重量较大，虽有就地取材的优点，却很费工。在做外墙时，靠墙体外侧一边除灰缝外还要勾缝以利防水。但在内侧，由于粗料条石底面不平，只好用薄石片垫在灰缝中以保持外侧挺直。这样砌体的块材之间有许多通过垫片的传递荷载点，尽管也能建到四层楼，但在地震区其抗震性能是否满足要求，还有待于进一步研究。

(2) 毛石砌体

这种砌体由于块材只有一个面较为平整可以作为外墙面，因而在砌体中间要填入较多的砂浆。毛石墙的抗压强度较低，且为了便于施工，一般墙体做得较厚。

1.4.2 配筋砌体

在灰缝中或在水泥粉刷中配置钢筋以增强砌体本身的抗压、抗拉、抗剪、抗弯强度的砌体谓之配筋砌体。因此又可分为横向配筋砌体和竖向配筋砌体。

1. 横向配筋砌体

横向配筋砌体又可分为在砖柱灰缝中配置的网状钢筋和在墙体灰缝中配置的水平钢筋。

(1) 网状配筋

如图 1-7 所示，在砖柱或砖墩中每隔几皮，就配置一道网状钢筋，以提高砌体的抗压强度。用方格网配筋时，一般直径为 3~5 mm，网眼 40~60mm；如果直径较大(5~8mm)时，可以采用连弯的网片(图1-7b)，相互垂直放置于相邻灰缝内。

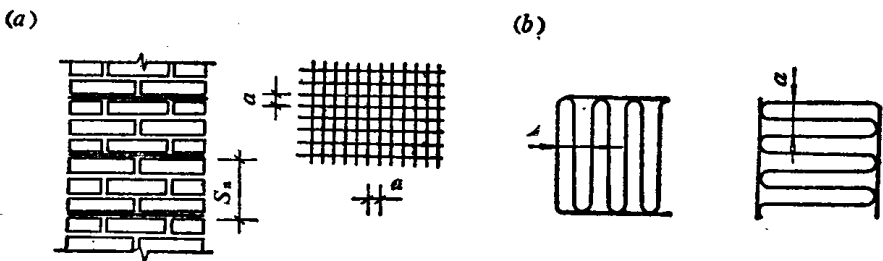
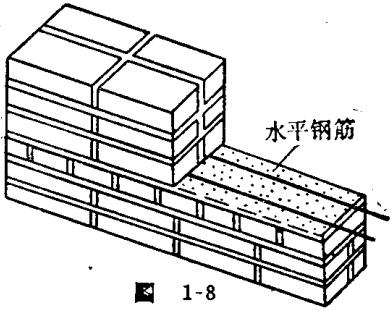


图 1-7

(2) 水平钢筋

在墙体内也可设置水平钢筋，如图 1-8 所示。一般采用两根直径为 5 或 6mm，隔一定间距用短钢筋点焊的水平网片；也有不点焊而用带钩短钢筋绑扎以固定水平钢筋位置的。墙内放置水平钢筋的主要目的是为了在地震区提高墙体的抗剪能力。



2. 竖向配筋砌体

竖向配筋砌体可分为普通配筋砌体和预应力配筋砌体。

(1) 普通配筋砌体

如图 1-9 所示，在砌体竖缝中放置竖向钢筋，或在空心砖、空心砌块内放置竖向钢筋，并用流动性较大的混凝土浇灌，即成为竖向配筋砌体。竖向配筋后可提高砌体柱子抗压、抗弯及抗剪能力。

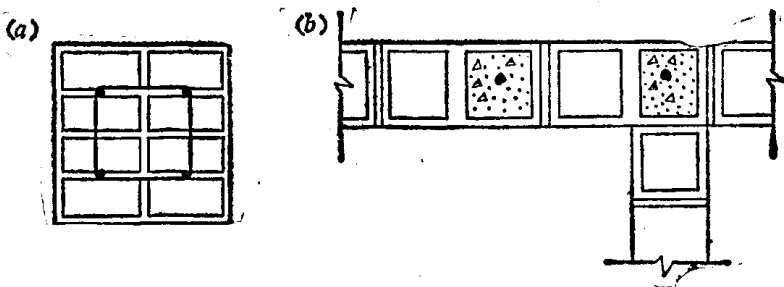


图 1-9

(2) 预应力配筋砌体

在用大孔空心砖制作的砌体，可在竖向通孔和水平灰缝中放置预应力钢筋。试验表明，竖向预应力损失值大于水平预应力筋的预应力损失值。预应力钢筋可提高砌体抗裂性，但目前仍处于试验性阶段。

1.4.3 组合砌体

在构件的受拉和受压区用钢筋混凝土（或钢筋砂浆）代替一部分砌体原有面积并与原砌体共同工作，即为组合砌体。如图 1-10 所示，即为几种组合砌体的示例。

组合砌体与无筋砌体相比可以提高砌体抗弯、抗压和抗剪能力。

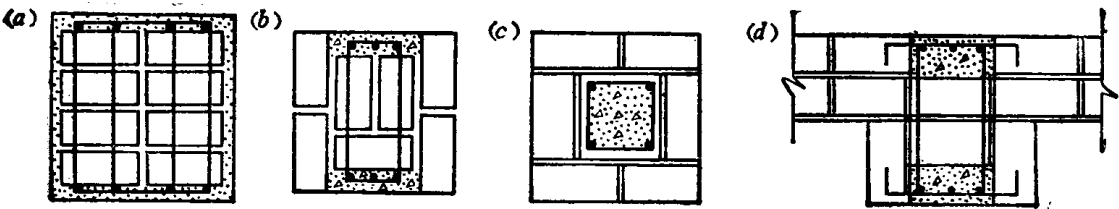


图 1-10

砌体结构设计

1.4.4 加木或加钢筋混凝土砌体

在江南地区有悠久历史的“立贴”式砌体，就是在木构架中嵌砌砌体。木与砖共同工作，可以叫加木砌体，如图 1-11 所示。

1961 年同济大学设计院在上海三林塘垃圾滩上设计了一所半砖墙两层小学，以钢筋混凝土代替立贴式中的木构架，而且要求先砌墙留出柱位和放置钢筋，然后再浇混凝土柱形成整体。这时，混凝土中的水泥浆渗入砌体灰缝，两者结合很好，这就是加钢筋混凝土砌体（图 1-12）。在唐山地震时，1975 年采用了类似加钢筋混凝土砌体，当地叫做“构造柱”的，表现出了良好的抗震能力。

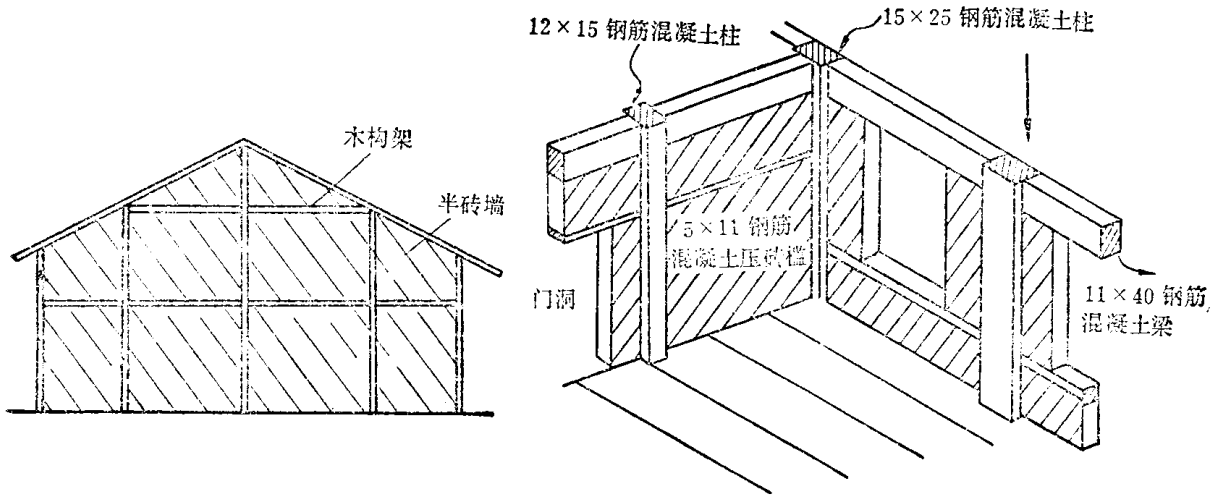


图 1-11

图 1-12 (单位cm)

前述配筋砌体或组合砌体主要是对砌体构件的截面用钢筋或钢筋混凝土加强。而加木或加钢筋混凝土砌体则更多地从房屋整体上加强。上述三林塘小学由于地基承载力只有  $40\text{kN/m}^2$ ，采用加钢筋混凝土砌体可以提高房屋抵抗不均匀沉降的能力；在地震区采用加钢筋混凝土砌体可以通过钢筋混凝土对砌体的约束，使砌体不易“散架”从而提高其变形和耗能能力等等；这些都是从总体上加强。

自 50 年代以来，在上海软土地基上建筑房屋往往逐层设置钢筋混凝土统过梁，或叫圈梁（也有叫统腰箍等）以提高抗不均匀沉陷的能力，这也可以看成无柱的加钢筋混凝土砌体。

在实际房屋中，也可同时采用两种砌体。例如，在纵横墙交界处加钢筋混凝土柱形成加钢筋混凝土砌体，而又在墙体中放置水平钢筋形成配筋砌体等等。

1.5 近代砌体结构的发展

我国砌体结构由于块材品种少，强度低，因而发展缓慢。近年来，由于国际交流增多，有识之士对我国砖的生产提出了新的要求，特别是要求向近代的砌体发展。

国外由于采用高强度砖并配筋，早就建造 10~20 层的砌体承重结构。例如美国丹佛市 17 层的“五月市场”公寓和 20 层的派克兰姆塔楼。“五月市场”大楼高度为 50m，墙厚仅

28cm。十几年前在欧洲已认为建造高层砖承重结构是经济合理的。美国的砌体学会曾向某大学要求该校设置砌体结构课以扩大砌体影响和钢筋混凝土竞争。连很少采用砌体的地震国日本，也和美国砌体学会合作研究高层砌体的抗震以便在日本发展。

1986年5月在沈阳召开的ISO（国际标准化组织）TC179（砌体技术委员会）在讨论国际砌体规范时，都是以近代砌体为背景的。

国外近代砌体的特点是什么呢？

1. 提高砖的强度和孔洞率

国外砖向高强、大孔、薄壁和大尺寸发展。这样，承重空心砖比实体砖具有很多优点，重力密度减少40~65%，运输费用省，灰缝少，节省劳动，热阻比实体砖大一倍。国外砖强度为MU30~MU100。

2. 花色繁多的砖和混凝土砌块类型

在承重砖中，如图1-13所示，为了能放置钢筋和灌混凝土以及满足保温要求，可以设计成多种型号，并有相应的配砖以满足纵横墙交接的需要。其中大体上可分为：

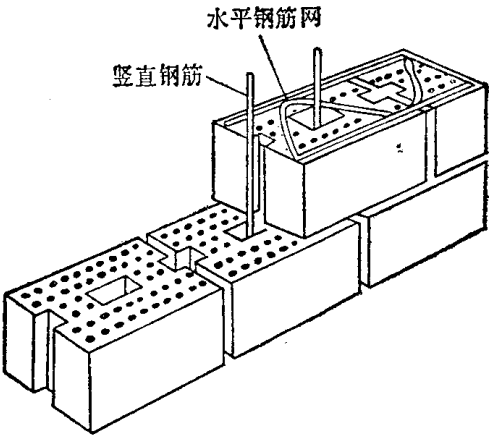


图 1-13

- (1) 砖间加筋灌混凝土成为配筋砌体；
- (2) 砖孔内加筋灌混凝土成为组合砌体；
- (3) 墙间加保温材料（图1-14）等。

第一种可用在多层及高层房屋中，既可减轻自重，又由于配筋而加强了砌体各种强度和抗震性能。第二种也可用在多层及高层建筑中，形成不需模板的接近于钢筋混凝土墙；最薄的内承重墙可只需90mm，厚的可以根据需要设计砖块。第三种可以用在有更高保温要求的建筑中。

此外，混凝土砌块的形式更多，取决于人们的设计，图1-15及1-16即为部分例子。

3. 在部分高层建筑领域内与钢筋混凝土竞争

高强空心砖通过配筋和浇灌高强混凝土可以和钢筋混凝土在10~20层范围内竞争。因此，大孔薄壁高强承重空心砖作为一种“既古老又先进”的建筑材料，具有很强的生命力。西德的大型制品外形尺寸为49×30×20cm；西班牙为

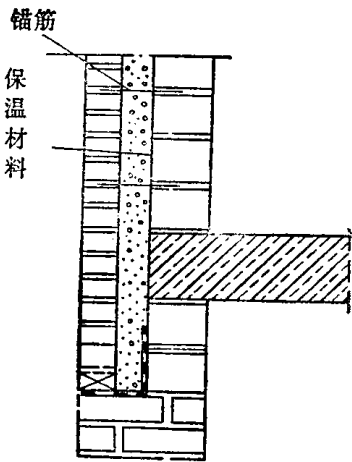


图 1-14

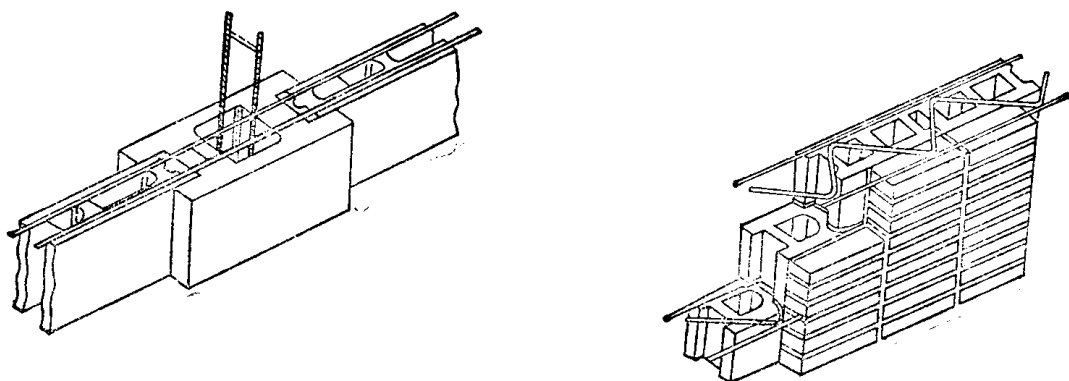


图 1-15

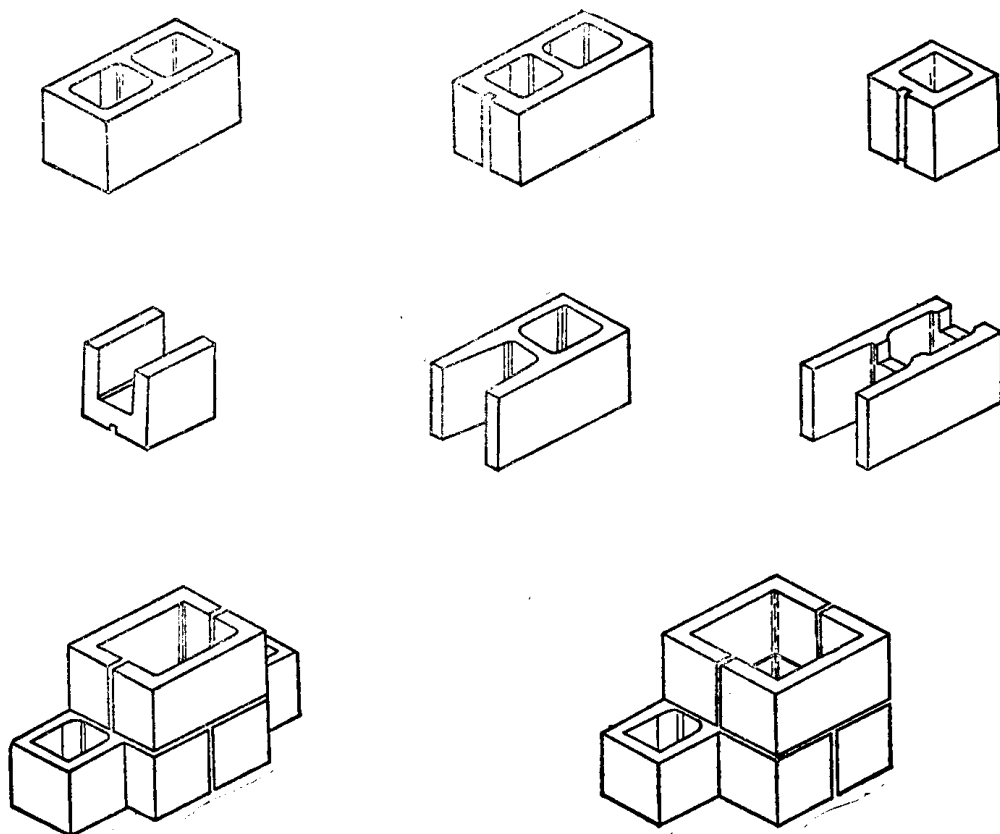


图 1-16

70×20×25 cm 而壁厚仅 6~7mm。这种配筋砌体与钢筋混凝土比有如下优点：

(1) 不需支模

钢筋混凝土现浇墙需要支模，而空心砖本身在砌好后等于起了模板作用。

(2) 不再做贴面

钢筋混凝土墙面需另做贴面或外粉刷，而空心砖制作要求高，可相当于贴面砖而不再贴面。

(3) 不需另加保温材料

按设计需要，空心砖可以通过自身的空气层达到保温要求，要求不高的情况下可不再另加保温材料。