

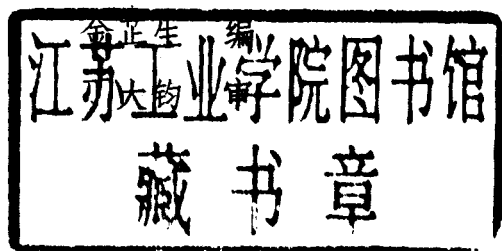
砌体结构 设计计算

金芷生
丁大钧

编
审

南大学出版社

砌体结构设计计算



东南大学出版社

内 容 提 要

在我国，砌体结构是一种大量采用的结构类型，尤其对一些中、小城市和乡镇更为普遍。本书在编写上均已采用《砌体结构设计规范》GBJ3—88。全书内容共分九章，主要介绍砌体结构构件的计算及多层混合结构房屋的设计计算和抗震构造措施。书中附有例题，可供从事基本建设工作的设计人员和施工人员参考，也可作为教材。

责任编辑：张新建

砌体结构设计计算

金 芷 生 编

东南大学出版社出版

南京四牌楼2号

江苏省新华书店发行 国营张家港市印刷厂印刷

开本787×1092毫米1/32 印张4.75 字数119千字

1990年4月第1版 1990年4月第1次印刷

印数：1—2000册

ISBN7—81023—321—9

TU·20 定价：2.80元

序

随着基本建设事业的发展，有层次的建筑队伍将不断扩大，因此除正规学校逐年为国家输送大量技术人材外，各种职工学校和培训班无疑地也将培养很多新的技术人员和技工。由于现代科学技术发展迅速，原技术规范正在分别修订和颁布，这也需进行学习。我校出版社有鉴于此，决定组织有关教师编写一套结构和施工丛书，陆续出版，提供有志于土建工作的知识青年和希望得到提高的技术员和技工们学习，以及提供有关各种培训班和中专学校选作教材和教学参考书，也可供工程师参考。希望这一工作能有益于社会的进步，产生较好的社会效益。但由于我们在这方面经验不够，丛书的选题和内容不尽能满足上述要求。欢迎读者和有关方面提出批评和意见，以便于能不断作出改进，幸甚。

丁大钧

1990年2月于东南大学

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 砌体结构发展简史	(1)
第二节 砌体结构的优缺点及其应用	(2)
第二章 砌体材料	(4)
第一节 砌体材料的强度等级及选用	(4)
第二节 砌体的计算指标	(10)
第三章 设计方法	(25)
第一节 概述	(25)
第二节 设计表达式	(27)
第三节 房屋的静力计算规定	(27)
第四章 无筋砌体构件设计计算	(33)
第一节 墙柱高厚比	(33)
第二节 受压构件	(44)
第三节 局部受压构件	(51)
第四节 轴心受拉构件	(58)
第五节 受弯构件	(59)
第六节 受剪构件	(61)
第五章 配筋砌体计算	(63)
第一节 网状配筋砌体	(63)
第二节 组合砖砌体	(67)
第六章 其它构件	(71)
第一节 圈梁	(71)
第二节 过梁	(73)
第三节 墙梁	(77)
第四节 挑梁	(83)
第五节 山墙	(87)

第七章 墙体开裂与防护.....	(91)
第一节 墙体裂缝分析.....	(91)
第二节 墙体开裂防护措施.....	(93)
第八章 刚性房屋计算.....	(98)
第一节 单层房屋承重纵墙计算.....	(98)
第二节 刚性方案多层房屋承重纵墙计算.....	(100)
第三节 刚性方案多层房屋承重横墙计算.....	(103)
第九章 多层混合结构房屋抗震设计.....	(113)
第一节 概述.....	(113)
第二节 震害特征.....	(114)
第三节 多层砌体房屋抗震设计一般规定.....	(119)
第四节 抗震构造措施.....	(122)
第五节 多层砖房抗震计算要点.....	(131)
附 录.....	(137)
参考文献.....	(145)

第一章 绪 论

第一节 砌体结构发展简史

砌体结构是指砖（普通粘土砖、承重粘土空心砖、硅酸盐砖）、石（料石、毛石）和砌块（混凝土中、小型砌块和粉煤灰实心中型砌块）等砌筑的结构物。

砖石结构在我国已有数千年的历史。早在公元前20世纪时就发现有夯土的城墙，西周时期已有烧制的瓦。河北赵县的安济桥、四川的都江堰等都驰名中外。目前，粘土砖仍是墙体的主要材料。我国从本世纪50年代中期开始研究和生产空心砖。60年代全国已有十几个省、市开始采用空心砖作承重材料建造各类房屋。70年代初期，空心砖的生产、应用获得一定的发展。近年来已较多用来建造四、五层住宅房屋。但是，目前空心砖在砖总产量中所占比率仍然较小，这种情况亟待改变。50年代后期，国外对砖石结构进行了大量的研究。在砖石制造工艺、设计理论、施工装备等各方面都取得了一些成就。在住宅、宿舍、宾馆、医院、教学楼、办公楼等建筑中砖石得到了广泛应用，如美国科罗拉多州丹佛市建造了17层的“五月市场”公寓大楼和20层的派克兰姆塔楼，这两幢楼内外墙为粘土实心砖内夹混凝土并配有纵、横钢筋。美国加州帕萨迪纳的希尔顿饭店为一幢13层高强混凝土砌块结构，1971年圣佛南多大地震中整个建筑完整无损。总的来说，砌筑制品应向高强、多孔、薄壁、大块、配筋等方向发展。

第二节 砌体结构的优缺点及其应用

砌体结构之所以被广泛应用，是由于它具有下列优点：

1. 易于就地取材。砌体所用主要材料，如粘土、石、砂等一般均为地方材料，易于取得，又较经济。
2. 具有良好的耐火性、化学稳定性及大气稳定性。
3. 具有良好的热工及吸音性能。
4. 建筑平面布置灵活，施工方便，与钢筋混凝土结构相比可以节约木材、钢材，又可以连续施工。

砌体结构也有一些缺点：

1. 自重较大。由于砌体强度相对较低，为提高强度，必须增大截面，致使建筑物自重较大（在一般砖混结构住宅中，砖墙重可占建筑物总重的 $1/2$ ）。因此要逐步推广采用各类大型墙板和空心砌体，大力改革粘土砖的生产工艺，提高砖的质量，积极向高强、空心和大块发展。必要时可在砖的孔洞内配筋灌注混凝土，以加强墙体的整体性和抗震能力。

2. 砌筑工作繁重，瓦工作业劳动强度大。为解决此问题，除如采用轻质高强材料并大力推广砌块、振动砖墙板和混凝土空心墙板等工业化施工方法外，还应在手工砌筑工作上进行改进，如采用最近建议推广的“二三八一”砌砖法。这个方法是运用现代管理科学的理论为手段，对我国传统砌砖技术进行动作研究，设计的一套符合人体正常生理活动规律的砌砖规范动作，即两种步法、三种身法、八种铺灰手法、一种挤浆动作，称谓“二三八一”砌砖法，从而减轻工人的劳动强度，确保砌砖质量，提高了工作效率。

3. 砂浆和块体（砖块、石块、砌块）之间的粘合力较弱，因此无筋砌体的抗拉、抗弯及抗剪强度都很低，抗震能力

较差，这也是砌体结构高度受到限制的主要原因。解决的途径之一是采用钢筋混凝土内筒来承担水平荷载，而砌体只承受垂直作用力；另一种方法是对砌体施加预应力，以提高砌体的抗拉能力。

由于砌体结构具有许多优点，因此被广泛用于一般民用和工业建筑中的基础。内外墙、柱、过梁以及烟囱、料仓、地沟、管道支架和对渗水性要求不高的水池等特殊结构等；还可用于桥梁、涵洞、隧道、挡土墙等构筑物。但由于砌体结构存在的缺点，也限制了它的使用。因此要根据不同的地区，不同的施工条件，不同的建筑要求，在可能的条件下综合考虑，合理选用，以设计建造出符合“坚固、安全、适用、美观”的工程。

第二章 砌体材料

第一节 砌体材料的强度等级及选用

砌体由块体和砂浆砌筑而成，这些材料的主要指标为抗压强度，常用抗压强度表示其强度等级。常用的材料有：

一、普通粘土砖、硅酸盐砖和承重粘土空心砖

普通粘土砖、硅酸盐砖和承重粘土空心砖等的强度等级根据标准试验方法所得的块体材料的抗压强度（MPa）分为Mu30、Mu25、Mu20、Mu15、Mu10和Mu7.5各级。由于砖的厚度较小，所以在确定其强度等级时除需考虑抗压强度外，还需考虑其抗折强度。

（一）普通粘土砖。普通粘土砖是一种最古老的人造砖。我国目前实心粘土砖的尺寸规格为 $240 \times 115 \times 53\text{mm}$ ，容重为 $1600 \sim 1800\text{kg/m}^3$ 。烧透的普通粘土砖的耐久性较好，应用范围也较广。

（二）硅酸盐砖。硅酸盐砖是以石灰和含硅原料（砂子、粉煤灰、煤矸石、煤渣、页岩等）加工搅拌按一定的工艺制成的砖。所以硅酸盐砖是灰砂砖、粉煤灰砖及煤渣砖等的统称，尺寸与普通粘土砖相同。

灰砂砖是用石灰和普通砂加压成型通过蒸压养护而得，是发展最早的一种硅酸盐砖，容重一般为 $1800 \sim 1900\text{kg/m}^3$ 。

粉煤灰砖是以电厂粉煤灰为主要原料，配以适当的石灰、石膏通过常压或高压蒸气养护而成。

煤渣砖是以煤渣为主要原料，配以适量的石灰、石膏成型经蒸气养护而成。

(三) 承重粘土空心砖。承重粘土空心砖的孔洞一般均垂直于受压面，孔数较多而孔径较小，孔洞率不高，有较高的抗压强度。

采用高强度、高空心率和大尺寸的空心砖是国内外粘土砖发展的一个重要趋向。采用大尺寸的空心砖还可加快施工进度。部标准《承重粘土空心砖》(JC196—75)中，推荐了三

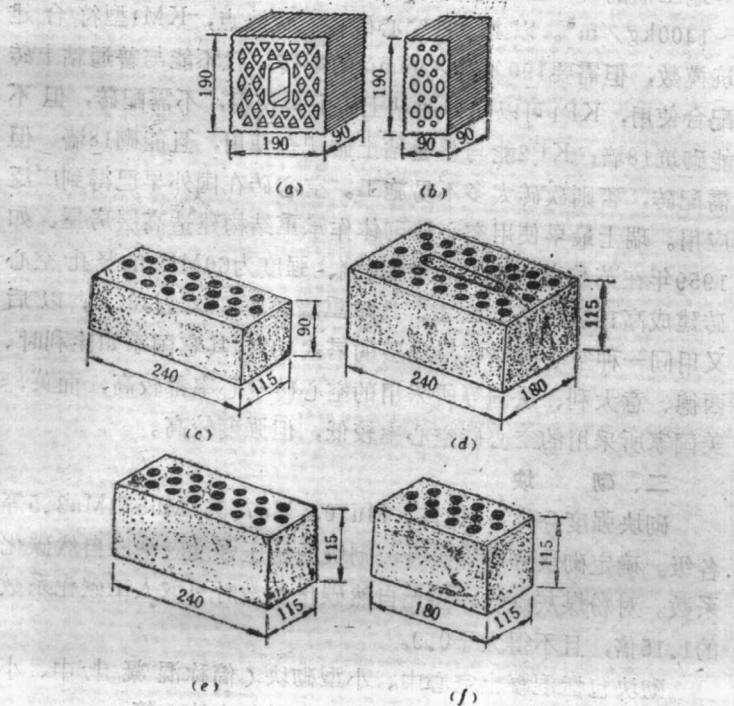


图2-1

种空心砖的主要规格：KM1 ($190 \times 190 \times 90\text{mm}$)、KP1 ($240 \times 115 \times 90\text{mm}$) 及 KP2 ($240 \times 180 \times 115\text{mm}$)，标准中只规定了三种砖的规格而未规定孔洞型式。编号中字母 K 表示空心，M 表示模数，P 表示普通，即 KM1 为模数空心砖，KP1 和 KP2 为普通空心砖，如图 2-1 所示。其中图 2-1a 和图 2-1b 表示南京生产的 KM1 型空心砖及其配砖，孔洞率分别为 20~23% 及 14~16%；图 2-1c 表示上海、西安、辽宁及黑龙江等地生产的 KP1 型空心砖，孔洞率为 25%；图 2-1d、e、f 为西安等地生产的 KP2 型空心砖及其配砖。空心砖的容重一般为 $1300 \sim 1400\text{kg/m}^3$ 。以上三种空心砖各有优缺点，KM1 型符合建筑模数，但需要 $190 \times 90 \times 90\text{mm}$ 的配砖，且不能与普通粘土砖配合使用，KP1 可以和普通粘土砖配合使用，不需配砖，但不能砌筑 18 墙；KP2 能与普通粘土砖配合使用，且能砌 18 墙，但需配砖，否则砍砖太多不易施工。空心砖在国外早已得到广泛应用。瑞士最早使用空心砖砌体作承重结构建造高层房屋，如 1959 年在苏黎世使用空心率为 28%、强度为 60MPa 的竖孔空心砖建成高 19 层的塔式公寓，其承重墙的厚度仅为 38cm；以后又用同一种空心砖建成高 24 层的塔式住宅。其它国家如比利时、西德、意大利、法国等所采用的空心砖空心率都较高，而英、美国所采用的空心砖空心率较低，但强度较高。

二、砌块

砌块强度分为：Mu15、Mu10、Mu7.5、Mu5 和 Mu3.5 等各级。确定砌块强度等级时，砌块的抗压强度应乘以自然碳化系数。对粉煤灰砌块，当无自然碳化系数时可取人工碳化系数的 1.15 倍，且不得大于 0.9。

砌块包括混凝土空心中、小型砌块（简称混凝土中、小块）、粉煤灰实心中型砌块（简称粉煤灰中块）等。

粉煤灰实心砌块是以粉煤灰、石灰、石膏为胶结材料，以

煤渣为骨料，经加水搅拌、振动成型、蒸气养护而成。粉煤灰砌块的规格一般为长880、1180mm，高380mm，厚180、190、200、240mm，容重为 $1500\sim 1900\text{kg}/\text{m}^3$ 。

混凝土空心砌块有小型空心砌块和中型空心砌块。小型空心砌块是以水泥或无熟料水泥（粉煤灰、煤渣、煤矸石等工业废渣加少量石灰、石膏混合磨细）作胶结料，配以砂、石或轻骨料（浮石、火山渣、煤渣、陶粒等）经搅拌、成型、养护而成。主规格为 $390\times 190\times 190\text{mm}$ ，其它规格主要是在长度和厚度上的变化。空心砌块的保温性能与材料导热性能、砌块的孔洞率、孔洞大小、孔洞形状以及孔洞排列等因素有关。混凝土中型空心砌块的原材料和制造工艺与小型空心砌块相同，仅尺寸较大，其特点是规格大、施工机械化程度高，并具有轻质、高强、造价低的优点。

《砌体结构规范》GBJ3-88上规定的强度等级与目前小型砌块的强度等级划分相同，与目前中型砌块建筑设计和施工规程中的中型砌块强度等级划分不同。后者强度等级划分的区间过小，在质量检查时容易混淆。

三、石 材

石材的强度等级分为Mu100、Mu80、Mu60、Mu50、Mu40、Mu30、Mu20、Mu15和Mu10等各级。

石材按其加工后的外形规则程度，分为料石和毛石。石材应选用无明显风化的天然石材。

（一）料石

1. 细料石 通过细加工，外形规则，叠砌面凸出高度不大于10mm，截面的宽度、高度不小于200mm，且不小于长度的 $1/4$ 。

2. 半细料石 规格同上，但叠砌面凸出高度不大于15mm。

3. 粗料石 规格同上，但叠砌面凸出高度不大于20mm。

4. 毛料石（即块石） 外形大致方正，一般不加工或仅稍加修整。高度不小于200mm，叠砌面凸出高度不大于25mm。

（二）毛石。形状不规则，高度不小于150mm。石材的强度等级，可用边长为200mm的立方体抗压强度指标表示。抗压强度取3个试件破坏强度的平均值。试件也可采用边长小于200mm的立方体，但其试验结果应乘以换算系数后，方可作为石材的强度等级。石材强度等级的换算系数见表2-1。

石材强度等级的换算系数

表2-1

立方体边长 (mm)	200	150	100	70	50
换算系数	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6

石材砌筑的墙壁自重大、导热系数高，作外墙时一般要求墙厚较大。石砌砌体多用在产石地区的房屋建筑和构筑物，如石拱桥、石坝、渡槽和贮液池等。

四、砂 浆

砂浆的作用是把砖、石、块材连接成一个整体。在砌筑过程中要求用砂浆填满空隙，以使应力分布均匀、减少透风性、提高隔热性、增加抗冻性。

砂浆的强度用强度等级表示。即用以标准方法测得的抗压极限强度表示。砂浆的强度等级有M15、M10、M7.5、M5、M2.5、M1和M0.4等各级。

砂浆按其重量分有重砂浆（容重不小于 $1500\text{kg}/\text{m}^3$ ）和轻砂浆（容重小于 $1500\text{kg}/\text{m}^3$ ）。按其成分分有水泥砂浆、混合砂浆（石灰水泥砂浆、粘土水泥砂浆）以及无水泥的石灰砂浆、粘土砂浆和石膏砂浆。为了节约水泥和增加砂浆的可塑性并保证一定的粘合强度，一般应选用混合砂浆。砂浆还应具有一定的保水性，以便于施工时均匀铺砌，从而保证工程质量，为此在砂浆内可掺入一定的塑化剂，但不可过多，否则会

使砂浆的横向变形过大，反而降低了砌体的强度。

五、材料的选用

对砌体材料，除承载能力外，还有耐久性的要求。因此，应根据建筑物对耐久性的要求及建筑物所处的工作环境来选择材料。

潮湿房间的墙，以及受振动或层高大于6.0m的墙、柱所用材料的最低强度等级，应符合下列要求：

1. 砖 —— Mu7.5;
2. 砌块 —— Mu5;
3. 石材 —— Mu20;
4. 砂浆 —— M2.5

当墙面采用厚度不小于35mm的板材贴面加以保护时，材料最低强度等级可不受上述限制。

在室内地坪以下，室外散水坡顶面以上的砌体内，应铺设防潮层。防潮层材料一般采用防水水泥砂浆，室外勒脚应作水泥砂浆粉刷。

地面以下或防潮层以下的砌体，所用材料的最低强度等级应符合表2-2的要求。

地面以下或防潮层以下砌体用材料最低强度等级 表2-2

基土的潮湿程度	砖		砌块	石材	混合砂浆	水泥砂浆
	严寒地区	一般地区				
稍潮湿的	10	2.5	5	20	2.5	
很潮湿的	15	10	7.5	20	5	5
含水饱和的	20	15	7.5	30	—	7.7

注：①石材重力容重不应小于 $1800\text{kg}/\text{m}^3$ ；

②地面以下或防潮层以下的砌体，不宜采用空心砖。当采用混凝土空心砌块砌体时，其孔洞应用强度不低于C15的混凝土填充；

③对各种硅酸盐材料及其它新材料制作的块体应根据相应标准的规定选择采用。

第二节 砌体的计算指标

一、砌体种类

砌体是砖、石、砌块由砂浆砌筑而成的能承受外力的一个整体，为此要很好地研究砌合方式，以使砌块间的竖向灰缝不上、下贯通。根据砌筑块材的种类及砌合方法，常见砌体可分为以下几类：

(一) 砖和砌块砌体

砖可砌成实心砌体，用作承重外墙、内墙和立柱。承重墙的厚度根据砌体的强度及稳定性要求来确定，但在气候寒冷和炎热地区还需考虑保暖和隔热要求。实心砌体的砌法常为一顺一

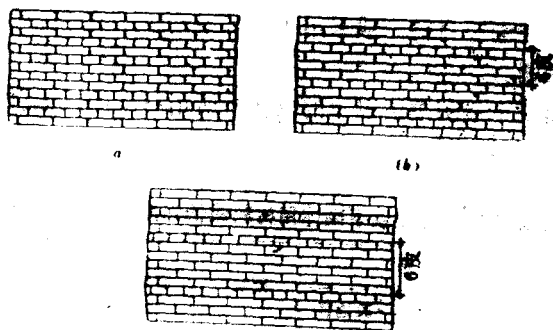


图2-2

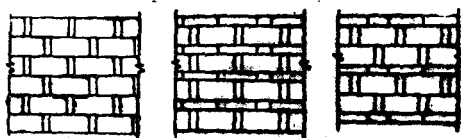


图2-3

顶砌合法（图2-2a）及三顺一顶（图2-2b）或五顺一顶砌合法（图2-2c）。除此之外，还有将部分或全部砖侧砌的空斗墙（图2-3）。所谓顺砌即砖长沿砌体长度方向砌筑，顶砌则为砖长沿垂直长度方向砌筑。空斗墙是由实心砖砌筑的空心砌体，可节约砖20~30%，节省一半砂浆，降低了造价，减轻了建筑物的重量。但空斗墙的下列部位，宜采用斗砖或眠砖实砌（斗砖即将砖侧砌，眠砖即将砖平砌）：（1）纵横墙交接处，距墙中心线每边不小于370mm的砌体；（2）室内地坪以下及地坪以上高度为180mm的砌体；（3）搁栅檩条和钢筋混凝土楼板等构件的支承面下，高度为120~180mm的通长砌体（所用砂浆强度等级不应低于M2.5）；（4）屋架、大梁等构件的垫块底面以下，高度240~360mm，长度不小于740mm的砌体（所用砂浆强度等级不应低于M2.5）。空斗墙的整体性较差，因此在有较大振动设备的房屋，长期处于潮湿环境和管道较多的房屋以及地震烈度为7度及7度以上的地区，以暂不建造空斗墙为宜。

砌块建筑有许多优点。首先是砌块砌体具有砖砌体的优点，砌筑时可以做到上下错缝、纵横搭砌；其次是砌块砌体的施工效率高，小型空心砌块可直接用人工砌筑，中型砌块只需采用小型机具就可施工；第三是原料来源广，可以就地取材，因地制宜，利用工业废料。所以采用砌块砌体是墙体技术改革的一条有效途径。国外许多国家也都采用了砌块建筑。

GBJ3—88规定：砌块墙体宜作双面粉刷，以改善房屋的隔热、隔声性能，防止外墙渗漏；砌块墙体应分皮错缝搭砌，中型砌块上下皮搭砌长度不得小于块高的 $1/3$ ，且不应小于150mm，小型砌块上下皮搭砌长度不得小于90mm。当搭砌长度不足时，应在水平灰缝内设置 $2\phi 4$ 的钢筋网片，网片两端距该垂直灰缝的距离不得小于300mm。