

特殊砌体建筑

结构设计及应用实例

徐占发 编著

中国建材工业出版社

特殊砌体建筑结构设计 及应用实例

徐占发 编著
李万青 主审

中国建材工业出版社

(京)新登字 177 号

图书在版编目 (CIP) 数据

特殊砌体建筑结构设计及应用实例/徐占发编著.

-北京:中国建材工业出版社,1994.12

ISBN 7-80090-322-2

I. 特… II. 徐… III. 建筑-砌块结构-结构设计 N.TU36
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 13184 号

中国建材工业出版社出版 (北京海淀区三里河路 11 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市怀柔县王史山印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 开 印张: 20.625 字数: 490 千字

1995 年 2 月第 1 版 1995 年 2 月第 1 次印刷

印数: 1—5000 册 定价: 16.80 元

ISBN 7-80090-322-2/TU·65

前 言

本书是以《建筑结构设计统一标准》(GBJ68-84)为准则,以新颁《砌体结构设计规范》等各种新规范为依据,介绍了砌体结构设计中常见的各种特殊结构与异形构件的设计方法、构造处理措施及其应用实例,对砌体结构设计中的疑难问题的处理方法也做了详细介绍。第一章,绪论,系统、简要地介绍了砌体结构的主要类型、设计的基本内容和技术规定,以及特殊砌体结构的基本设计方法;第二章,组合构件和异形构件设计,包括配筋砖砌体构件、墙梁、悬挑构件和各类楼梯的结构设计;第三章,砖石构筑物设计,介绍了砖砌烟囱、砖石水池、重力式砖石挡土墙和地下室结构设计的方法;第四章,复杂砌体结构设计,介绍了应用广泛的各类复杂砌体结构的设计,如上柔下刚与上刚下柔多层砖房结构设计、多层砌体房屋的抗震设计、多层内框架砖房抗震设计、底层框架砖房抗震设计和单层空旷砖房抗震设计等内容。第五章,砖砌旧房的修缮与改造,它有着广阔的前景,并有明显的特殊性,本章对砌体房屋的质量评定、检测方法、修缮技术和加固设计及旧房改造方案做了详细介绍。

本书注重实用,力求通俗易懂,方便自学和应用;附有大量设计实例、设计资料和常用图表,可满足一般设计、施工、教学和管理工作人员的需要。并可作为土建设计、施工和管理人员及大专院校师生学习和应用的参考书。

全书经李万青高级工程师审阅,佟令玫同志计算了部分例题,并得到曹骏一、许进锋等同志的关心和北京海淀走读大学的大力支持,谨此,深表谢意,并向书中参考引用的公开发表的文献资料的各位作者,表示衷心的感谢。

因水平有限,时间仓促,书中一定存在许多缺点和不足,甚至错误,恳请读者批评指正。

编者

1994年9月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 砌体结构的分类	(1)
第二节 砌体建筑工程的设计程序	(4)
第三节 砌体结构设计的技术规定	(5)
第四节 关于特殊砌体结构设计的一般方法	(29)
第五节 设计计算图表	(31)
第二章 组合构件与异形构件设计	(46)
第一节 配筋砖砌体构件设计	(46)
第二节 墙梁的设计	(52)
第三节 悬挑构件设计	(65)
第四节 楼梯结构设计	(76)
第五节 计算实例	(92)
第三章 砖石构筑物设计	(125)
第一节 砖石砌体轴心受拉、受弯和受剪承载力计算	(125)
第二节 砖砌烟囱设计	(126)
第三节 砖石水池设计	(142)
第四节 重力式砖石挡土墙设计	(152)
第五节 地下室结构设计	(161)
第六节 计算实例	(166)
第四章 复杂砌体结构设计	(178)
第一节 上柔下刚与上刚下柔多层砖房结构设计	(178)
第二节 多层砌体房屋的抗震设计	(181)
第三节 多层内框架砖房抗震设计	(190)
第四节 底层框架砖房抗震设计	(193)
第五节 单层空旷砖房抗震设计	(199)
第六节 计算实例	(213)
第五章 砖砌旧房的修缮与改造	(250)
第一节 砌体房屋的质量评定	(250)
第二节 砌体房屋的检测方法	(258)
第三节 砖砌旧房的修缮技术	(264)
第四节 砖砌旧房的加固技术	(279)
第五节 砖砌旧房的改造技术	(302)
第六节 计算实例	(309)
参考文献	(318)

第一章 绪 论

砌体结构是用块体和砂浆砌筑而成的结构。原规范称为砖石结构，旧称圬工结构，英语为 Masonry。砌体结构与混合结构是密不可分的相关结构类型。混合结构，广义地讲，是指不同材料的构件或部件混合组成的结构。但是，通常是指建筑物的墙、柱、基础等竖向承重构件由砌体结构组成，而屋盖、楼盖等水平承重构件是由钢筋混凝土结构、钢结构或木结构等组成的混合结构体系。本章将介绍砌体结构，包括混合结构的类型和特点；砌体结构的设计程序和技术规定以及砌体结构设计和应用的基本方法。

第一节 砌体结构的分类

建筑结构有不同的分类法，主要有按结构所用材料的类别分类，按结构承重体系分类、按建筑物功能分类和建造方式分类等几种。现将砌体结构的各种类型做一大体介绍。

一、按所用材料分类

根据块体材料不同，砌体结构可分为砖砌体、砌块砌体、石材砌体、配筋砌体等砌体结构。

1. 砖砌体

采用标准尺寸的烧结普通砖或非烧结硅酸盐砖与砂浆砌筑成的砖砌体，可有墙或柱。墙厚：120mm、240mm、370mm、490mm、620mm、740mm、870mm、990mm 等，特殊要求时可有180mm、300mm等。砖柱： $240 \times 370\text{mm}^2$ 、 $370 \times 370\text{mm}^2$ 、 $490 \times 490\text{mm}^2$ 、 $490 \times 620\text{mm}^2$ 等。

墙体砌筑方式有：一顺一顶、三顺一顶、五顺一顶等。砌筑的要求是铺砌均匀，灰浆饱满，上下错缝，受力均衡。

2. 砌块砌体

砌块砌体是用中、小型混凝土砌块或硅酸盐砌块与砂浆砌筑而成的砌体，可用于定型设计的民用房屋及工业厂房的墙体。目前国内使用的小型砌块高度，一般为180~350mm，称为混凝土空心小型砌块砌体；中型砌块高度，一般为360~900mm，分别有混凝土空心中型砌块砌体和硅酸盐实心中型砌块砌体。空心砌块内加设钢筋混凝土芯柱者，称为钢筋混凝土芯柱砌块砌体，可用于有抗震设防要求的多层砌体房屋或高层砌体房屋。

砌块砌体设计和砌筑的要求是：规格宜少、重量适中、孔洞对齐、铺砌严密。

3. 石材砌体

采用天然料石或毛石与砂浆砌筑的砌体称为天然石材砌体。天然石材具有强度高、抗冻性强和导热性好的特点，是带形基础、挡土墙及某些墙体的理想材料。毛石墙的厚度不宜小于350mm，柱截面较小边长不宜小于400mm。当有振动荷载时，不宜采用毛石砌体。

4. 配筋砌体

在砌体水平灰缝中配置钢筋网片或在砌体外部预留沟槽内设置竖向粗钢筋并灌注细石混凝土（或水泥砂浆）的组合砌体称为配筋砌体。这种砌体可提高强度，减小构件截面，加强整体性，增加结构延性，从而改善结构抗震能力。

5. 空斗墙砌体

空斗墙是由实心砖砌筑的空心砖砌体。可节省材料，减轻重量，提高隔热保温性能。但是，空斗墙整体稳定性差，因此，在有振动、潮湿环境、管道较多的房屋或地震烈度为7度及7度以上的地区不宜建造空斗墙房屋。

由砌体结构所用材料可见，其主要优点是易于就地取材，节约水泥、钢材和木材，造价低廉，有良好的耐火性和耐久性，有较好的保温隔热性能。主要缺点是强度低，自重大，砌筑工程量繁重，抗震性能差等，因而限制了它的使用范围。今后，砌筑制品应向高强、多孔、薄壁、大块和配筋等方向发展。

二、按承重体系分类

结构体系是指建筑物中的结构构件按一定规律组合成的一种承受和传递荷载的骨架系统。在混合结构承重体系中，以砌体结构的受力特点为主要标志，根据屋（楼）盖结构布置的不同，一般可分为三种类型：

1. 横墙承重体系

横墙承重体系是指多数横向轴线处布置墙体，屋（楼）面荷载通过钢筋混凝土楼板传给各道横墙，横墙是主要承重墙。纵墙主要承受自重，侧向支承横墙，保证房屋的整体性和侧向稳定性。横墙承重体系的优点是屋（楼）面构件简单施工方便，整体刚度好；缺点是房间布置不灵活，空间小，墙体材料用量大。主要用于5~7层的住宅、旅馆、小开间办公楼。如图1-1(a)所示。

2. 纵墙承重体系

纵墙承重体系是指屋（楼）盖梁（板）沿横向布置，楼面荷载主要传给纵墙。纵墙是主要承重墙。横墙承受自重和少量竖向荷载，侧向支承纵墙。主要用于进深小而开间大的教学楼、办公楼、试验室、车间、食堂、仓库和影剧院等建筑物。如图1-1(b)、(c)示。

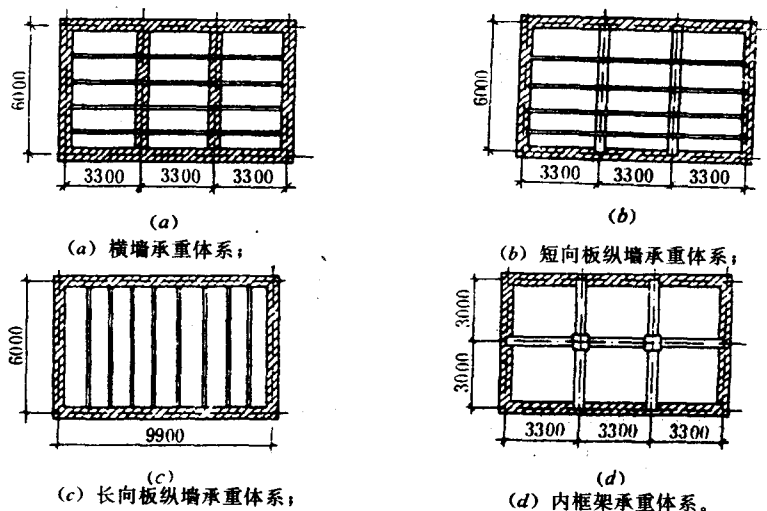


图 1-1 混合结构体系

3. 内框架承重体系

内框架承重体系是指建筑物内部设置钢筋混凝土柱，柱与两端支于外墙的横梁形成内框架。外纵墙兼有承重和围护作用。它的优点是内部空间大，布置灵活，经济效果和使用效果

均佳。但因其由两种性质不同的结构体系合成，地震作用下破坏严重，外纵墙尤甚。地震区宜慎用。如图 1-1 (d) 示。

除以上常见的三种承重体系外，还有纵、横墙双向承重体系和其它派生的砌体结构承重体系。

合理的结构体系必须受力明确，传力直接，结构先进。在砌体结构设计中，必须判明荷载在结构体系中的传递途径，才能得出正确的结构承重体系的分析结果。

三、按使用特点和工作状况分类

随着人类社会的发展和物质与精神文明的进步，建筑出现丰富多彩的形式，其应用异常广泛，工作状况更为复杂。砌体结构按其使用特点和工作状态可作如下分类。

1. 一般砌体结构

一般砌体结构是指用于正常使用状况下的工业与民用建筑。如供人们生活起居的住宅、宿舍、旅馆、招待所等居住建筑和供人们进行社会公共活动用的公共建筑。工业建筑则有为一般工业生产服务的单层厂房和多层工业建筑。

2. 特殊用途的构筑物

特殊用途的构筑物，通常称为特殊结构，或特种结构，如烟囱、水塔、料仓及小型水池涵洞和挡土墙等。

3. 特殊工作状态的建筑物

特殊工作状态的砌体结构可有三种：

(1) 处于特殊环境和介质中工作的建筑物。该类建筑物为保证结构的可靠性和满足建筑使用功能的要求，对建筑结构提出各种防护要求，如防水抗渗、防火耐热、防酸抗腐、防爆炸、防幅射等。

(2) 处于特殊作用下工作的建筑物，如有抗震设防要求的建筑结构和在核爆动荷载作用下的防空地下建筑等。

(3) 具有特殊工作空间要求的建筑物，如底层框架和多层内框架砖房以及单层空旷房屋等。

四、按建造方式分类

按砌体建筑的建造方式分类可有：

1. 一次性新建砌体建筑

2. 旧房改造建筑

旧房改造建筑尚分为：加层和改建两种。随着城市的改造和发展，该类建筑日益增多。

3. 旧房维修和加固

以上为砌体结构的大致分类。对于构成砌体结构的构件或部件，按其工作性能、受力特点和复杂程度也可分为：一般构件和特殊构件。一般构件包括墙、柱、梁、板、基础等形状规整，受力明确和功能单一的常规构件。特殊构件是形状特异、受力复杂和性能超常的构件，包括各种悬臂构件，如阳台、雨罩、挑檐和挑梁等；墙梁；组合墙、柱；各种楼梯和穹拱等。异形构件的设计已成为当前建筑与结构设计的重要内容，因为它会使建筑造型更加美观和丰富，收到很好的艺术效果。

第二节 砌体建筑工程的设计程序

一项建筑工程的设计工作是需要建筑、结构、给水排水、供热通风、供电照明等各工种的互相配合完成的。建筑设计是对拟建建筑物预先进行设想和规划,根据建筑物的用途和要求确定其各部分的形式和尺寸,并将各部分有机地组合到一起,创造出优美协调的建筑空间环境。建筑设计是根据生产和生活功能要求进行工程技术与建筑艺术的综合,它又是各专业工种的协调者和领导者,还需全面考虑城乡建设规划、环境保护、材料供应及建筑施工的要求和制约。结构设计是根据建筑布置和荷载大小来选定结构方案,并确定结构各部分用料、尺寸和构造作法。显然,各工种之间的配合和协调是非常重要的。按着建筑工程的设计程序工作是完成设计任务的保证。

一、建筑工程的设计阶段

一般建筑工程设计可分为三个阶段,即初步设计、技术设计和施工图设计阶段。对较小的工程,有时将初步设计和技术设计合并成扩大初步设计,分为两阶段进行。

1. 初步设计阶段

主要是提供建设项目可行性分析,确定基本规模、重要工艺与设备,以及工程项目的方案设计,核定概算总投资等原则问题。进行可行性研究,首先要进行调查工作,包括环境状况、水、电、交通状况,地形、地质、气象情况,材料供应及施工条件等。对土建专业来说,需要完成下列文件:总平面图,建筑平、立、剖面图;结构体系说明,应有结构形式、结构体系、施工方案、结构平面布置及缝的划分等内容;设备系统说明;工程概算。

2. 技术设计阶段

在初步设计文件批准的基础上解决工艺技术标准、主要设备类型、主要工程项目的建筑结构形式和控制尺寸以及单项工程预算等主要技术经济问题。对技术关键问题应做出处理,各工种专业应协调解决存在的矛盾。

3. 施工图设计阶段

在技术设计文件批准的基础上,提出满足建筑工程施工安装要求的全部图纸和文字资料,其施工图预算应满足决算要求。

二、单项工程设计步骤

单项建筑工程的设计步骤大致如下:

- (1) 建筑专业提出较为成熟的初步建筑设计方案。
- (2) 结构专业根据建筑方案进行结构选型和结构布置,并确定有关结构与构件尺寸,对建筑方案提出必要的修正。
- (3) 建筑专业根据修改后的建筑方案进行建筑施工图设计。
- (4) 结构专业根据修改后的建筑方案和结构方案进行荷载计算、内力分析、截面设计和构造设计,并绘制结构施工图。

三、结构施工图的绘制

施工图是全部设计工作的最后成果,是设计意图的最准确、最完整的体现,是施工的主要依据,是保证工程质量的重要环节。绘制施工图是做好技术工作所必须掌握的基本技能之一。

施工图按专业内容,分为建筑、结构、水暖、电等几部分。结构施工图编号前一般冠以

“结施”字样。绘制结构施工图应遵守一般的制图规定和要求，并应注意以下事项：

(1) 图纸应按以下内容和顺序编号：结构设计说明，基础平面图、剖面图，楼盖平面图、屋盖平面图，柱、梁、屋架等构件详图，楼梯平面图和剖面图等。

(2) 结构设计说明，一般是说明图纸难以表达的内容，如材料质量要求，施工注意事项和主要质量标准。对局部问题的说明，可分别放在有关图纸的边角处。

(3) 楼盖和屋盖结构平面图应分层绘制，必须准确标注柱、梁、楼梯和纵横轴线的位置关系以及各种板的规格、数量和布置，同时应表示出墙厚及圈梁的位置和构造柱的作法。构件的代号根据“国标”规定应以构件名称的汉语拼音的第一个字母大写标志：如选用标准构件，其构件代号与标准图一致，并标明标准图集的编号和页码。平面图是一种装配图，应准确标明构件与轴线关系和柱网尺寸、孔洞及埋件的位置及尺寸。一般比例取 1:100。

(4) 基础平面图，内容和基本要求同楼盖平面图，尚应绘制基础剖面大样及注明基底标高，钢筋混凝土基础应画出模板配筋图。应说明验槽的施工要求。比例一般为 1:100。

(5) 构件施工详图。梁、板、柱等构件应分类集中绘制，各构件应把钢筋规格、形状、位置、数量表示清楚，钢筋编号不能重复，用料的规格应用文字说明，对标高尺寸应逐个构件标明，对预制构件应标明数量、所选用标准图集的编号。复杂外形的构件应绘出模板图，并标注预埋件、预留孔洞等。大样图可索引标准图册。比例一般取 1/10~1/20。

(6) 绘图的依据是计算结果和构造规定，同时应充分发挥设计者的创造性，力求简明、清楚，图纸数量少、质量高、方便施工，但不能与计算结果和构造规定相抵触。

施工图交付施工，并不意味着设计工作已经全部完成，在施工过程中，根据情况的变化，还得不断修改设计；建筑物交付使用后，经过最关键的实践检验后，做出工程总结和验收，才算最后完成。

第三节 砌体结构设计的技术规定

对于砌体结构设计的有关技术规定，应事先有充分了解，并在设计中认真执行。本节仅从荷载、材料、计算和构造等方面做一介绍。

一、建筑结构荷载

建筑结构上存在着各种作用，如图 1-2 示。结构上作用的外力称为荷载。在进行结构内力计算之前，需先确定之。这是结构设计中极为重要的工作。荷载估算过大，结构过于笨重，造成浪费；估计过低，则偏于不安全。因此，需经过周密的调查研究和准确的数理统计确定，并参照《建筑结构荷载规范》(GBJ9-87) (以下简称《荷载规范》) 的具体规定执行。

1. 荷载的分类及其特性

建筑结构上的作用可分为直接作用和间接作用两种。

(1) 直接作用。直接作用是指直接施加在结构上的各种外力。如集中力、分布力等。直接作用通称荷载。作用在建筑结构上的荷载，按作用时间的久暂可分为三类：

永久作用，亦称恒载。是指在结构使用期间，其值不随时间变化，或其变化与平均值相比可以忽略不计的荷载，如建筑物上的建筑构造层、结构自重、土压力和静水压力等。

可变作用，亦称活载。是指在结构使用期间，其值随时间变化，且与平均值相比不可忽略，如屋面活载、楼面使用活载、风载、雪载、屋面积灰荷载和吊车荷载等。

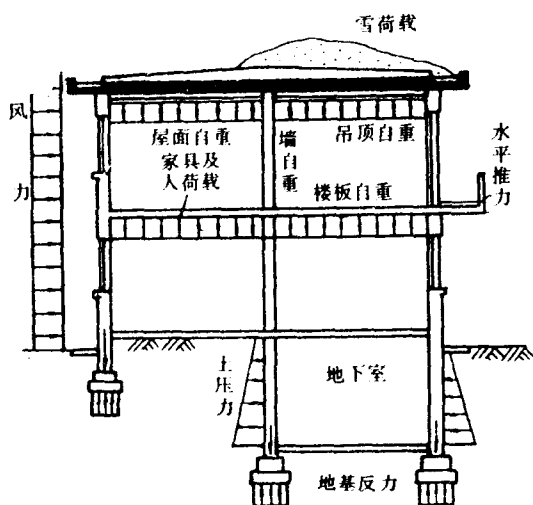


图 1-2 建筑结构受力图

偶然作用，亦称特殊荷载。是指在结构使用期间，不一定出现，一旦出现，其值很大，且持续时间极短暂的荷载，如撞击力、爆炸力和龙卷风等。

(2) 间接作用。间接作用是指引起结构外加变形或约束变形的原因。如地基沉陷、温度变化、混凝土徐变与收缩、地震和焊接等。

(3) 荷载的特性。作为一种外力形式，荷载具有力的一般属性，如方向性、作用位置和作用量值等。此外，荷载是一种随时间和空间而变化的随机变量，具有不确定性。活载的变异性是显而易见的，如风有强弱，雪有厚薄，人有集散等；恒载的变异幅度较小，如焦渣垫层厚度有偏差，重度有变化。

荷载种类繁多，性质复杂，存在着空间和时间的变异性。直接作用一般与结构自身的性质无关；而间接作用却与结构本身的性质相关，具有非外力性质。直接作用可参照《荷载规范》执行；间接作用应根据专门的特殊的规定确定。

2. 荷载的代表值

荷载的代表值是指在结构设计中依不同的工作状态取用的荷载规定的量值。荷载代表值可有荷载标准值、可变荷载准永久值和可变荷载组合值三种。

(1) 荷载标准值。荷载标准值是指正常使用期间可能出现的最大荷载。它是结构设计时采用的基本代表值。其它代表值是以此为基础乘以适当的系数后得到的。荷载标准值包括两种。

其一，永久荷载标准值。对于变异性不大的结构或非承重构件的自重认为是永久荷载。一般可按规定的建筑构造尺寸和结构材料单位体积的自重计算确定。对常用材料和构件可参考《荷载规范》或附表 1-1 和附表 1-2 选用。

对于某些变异性较大的材料或结构构件，其单位自重应根据对结构的不利状态，取上限值或下限值。如现场制作的保温材料、混凝土薄壁构件等。

其二，可变荷载标准值。可变荷载标准值是指结构在正常使用期间可能出现的比统计平均值要大的某一荷载值。根据统计分析或长期使用经验，《荷载规范》对楼面使用荷载、屋面均布活荷载、雪荷载、风荷载等给出了具体取值规定，设计时可直接查用。

(2) 可变荷载准永久值。可变荷载准永久值是指可变荷载在结构使用期内经常达到或超过的荷载值。它对结构的影响在性质上仅次于永久荷载，并有类似于永久荷载的长期作用性。在正常使用极限状态的计算中要考虑长期荷载效应的影响。显然，永久荷载是长期作用的，而可变荷载却时有时无，时大时小，但若达到或超过某一值的可变荷载出现次数较多、持续时间较长，其累计的总持续时间 T_k 与整个设计基准期 T 的比值已达到一定值（一般情况下，这一比值可取为 0.5），则该值便称为可变荷载准永久值，记为 $\psi_k Q_k$ ， Q_k 为某种可变荷载的标准值， ψ_k 为折减系数，称为荷载准永久值系数，它可表示为

$$\psi_1 = \frac{\text{荷载准永久值}}{\text{荷载标准值}} \leq 1$$

可见,荷载的准永久值,实际上是考虑荷载长期作用效应而对可变荷载标准值的一种折减。各种可变荷载的准永久值系数可从《荷载规范》中查到。其它可根据工程经验判断确定。

(3) 可变荷载组合值。当结构承受两种或两种以上可变荷载时,承载能力极限状态设计或正常使用极限状态按短期效应组合设计,应采用组合值作为可变荷载的代表值。

结构往往会受到多种可变荷载的同时作用。而多种可变荷载同时达到预计最大值的概率要低一些。设计中,采用引入组合系数对可变荷载标准值折减的办法予以考虑。

可变荷载组合值,记为 $\psi_c Q_k$, ψ_c 为折减系数,称为荷载组合值系数,它可表示为

$$\psi_c = \frac{\text{荷载组合值}}{\text{荷载标准值}} \leq 1$$

一般情况下,当有风荷载参加组合时取为 $\psi_c = 0.6$; 当没有风荷载参加组合时取 $\psi_c = 1.0$ 。对于一般排架、框架结构,当有两个或两个以上的可变荷载参与组合,且其中包括风荷载时,荷载组合值系数取 $\psi_c = 0.85$ 。在其它情况下,荷载组合值系数均取 1.0。

(4) 荷载代表值的具体规定。荷载代表值具体规定详见《荷载规范》。

永久荷载标准值,一般根据构件和构造层的实际尺寸及材料的重力密度或单位体积自重计算确定。常用材料和构件重量取值详见《荷载规范》或附表 1-1 和附表 1-2

楼面使用荷载标准值,规范给出了民用建筑楼面均布活荷载标准值及其准永久值系数,依使用功能和部位不同,可供设计时选用,参见附表 1-3。

工业建筑楼面使用荷载,一般按实际情况、实际设备、运输工具、重物等引起的局部荷载或集中荷载换算成等效均布荷载。可按内力等效原则进行换算。

单向板的等效均布荷载 q_e 的确定可按式:

$$q_e = \frac{8M_{\max}}{bl^2} \quad (1-1)$$

式中 l ——板的跨度;

b ——局部荷载对板的有效分布宽度,其计算公式见《荷载规范》附录二;

$M_{\max}$ ——单向板的绝对最大弯矩,按最不利荷载布置确定。

对于双向板也可采用相同的原则,按板内弯矩相等的条件来确定等效均布荷载。

次梁上的局部荷载,应按下列公式分别计算弯矩和剪力的等效均布荷载,且取其中较大者:

$$q_{eM} = \frac{8M_{\max}}{sl^2} \quad (1-2)$$

$$q_{eV} = \frac{2V_{\max}}{sl} \quad (1-3)$$

式中 s ——次梁间距;

l ——次梁跨度

$M_{\max}$ 与 $V_{\max}$ ——简支次梁的绝对最大弯矩与最大剪力,按设备的最不利布置确定。

主梁、柱、基础上的等效均布活荷载,当荷载分布比较均匀时,主梁上的等效均布活荷载可由全部荷载总和除以全部受荷面积求得。如果另有设备直接布置在主梁上,尚应增加由这部分设备自重按式 (1-2) 或 (1-3) 换算来的等效荷载。

工业建筑中某些车间的楼面均布活载的标准值和准永久值系数 ψ_1 ,《荷载规范》附录三中

已给出,设计中可参考采用。

楼面活荷载标准值的折减。作用在楼面上的人、家俱、机器或贮存物品的重量是一种可变荷载,并非以所给标准值同时满布全部楼面,因此,在设计梁、墙、柱和基础时还应考虑实际荷载沿楼面分布的变异性,予以折减。具体规定详见《荷载规范》或附表 1-4。

屋面均布活荷载。屋面均布活荷载的确定是从工程经验出发考虑整个结构的可靠性,经各方协商判断加以规定的。工业与民用房屋的屋面,其水平投影面上的屋面均布活荷载,应按附表 1-5 采用。

屋面均布活荷载不应与雪载同时考虑。

屋面积灰荷载,对大量排灰的厂房及其附近建筑应考虑屋面积灰荷载,规定取值见《荷载规范》。

雪荷载标准值与风荷载标准值的取值详见《荷载规范》。

3. 荷载分项系数及荷载设计值

(1) 荷载分项系数。荷载标准值是指结构在正常使用情况下可能出现的最大荷载值,一般用于正常使用极限状态或按长期效应组合设计时,在偶然情况下或在非常情况下,仍然有超过荷载标准值的可能。荷载分项系数就是考虑荷载超过标准值的可能性,以及调整对结构计算可能造成的可靠度的严重差异。对荷载分项系数的选取方法是在各种荷载标准值已知的前提下,选用使结构具有的可靠程度与允许的可靠程度之间的误差为最小的数值。永久荷载的分项系数以 γ_G 表示,可变荷载的分项系数以 γ_Q 表示。规范规定:

对永久荷载,当其效应对结构不利时,取 $\gamma_G=1.2$;当其效应对结构有利时,即永久荷载效应与可变荷载效应异号时,取 $\gamma_G=1.0$ 。在验算结构倾覆和滑移时,取 $\gamma_G=0.9$ 。

对可变荷载,对民用建筑楼面均布活荷载,取 $\gamma_Q=1.4$;对各类建筑楼面均布活荷载,当其值 $\geq 4\text{kN/m}^2$ 时,取 $\gamma_Q=1.3$ 。

(2) 荷载设计值。荷载标准值与荷载分项系数的乘积称为荷载的设计值,亦称设计荷载。其值大体相当于结构在非正常使用情况下荷载的最大值。显然,它比荷载标准值具有更大的可靠度。

为要掌握《建筑结构荷载规范》的全貌及使用方法,可参见表 1-1

4. 地震作用

地震作用是一种惯性力,它和建筑物质量、刚度、阻尼及场地土质条件有关。减轻重量可减小地震作用。地震作用又是一种动态作用,必须考虑动力效应。一般情况下,当结构细长时,周期加长,地震作用减弱。地震作用持续时间短,作用强烈,发生机会很少。

(1) 地震作用计算方法

当建筑的质量和刚度沿高度分布均匀,且高度不超过 40m,以剪切变形为主的建筑物,以及近似于单自由度体系的结构,可以近似地用底部剪力法求体系的水平地震作用。

砌体结构的抗震设计采用底部剪力法时,各楼层可仅考虑一个自由度,楼层的水平地震作用标准值 F_i 应按下列公式确定:

1) 结构总水平地震作用标准值按下式:

$$F_{EK} = \alpha_{\max} G_{eq} \quad (1-4)$$

式中 F_{EK} —— 结构总水平地震作用标准值;

$\alpha_{\max}$ —— 水平地震影响系数的最大值,对 7、8、9 度分别为 0.08、0.16、0.32;

G_{eq} ——结构等效总重力荷载，单质点应取总重力荷载代表值，多质点取总重力荷载代表值的 85%。即

$$G_{eq} = 0.85 \sum_{i=1}^n G_i \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

2) 第 i 个楼层处的水平地震作用标准值，按下式计算：

$$F_i = \frac{G_i H_i}{\sum_{j=1}^n G_j H_j} F_{EK} (1 - \delta_n) \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (1-5)$$

式中 F_i ——第 i 个楼层处水平地震作用标准值；

G_i, G_j ——分别为集中于质点 i, j 的重力荷载代表值；

H_i, H_j ——分别为质点 i, j 的计算高度；

δ_n ——顶部附加地震作用系数，对多层砌体结构可不予考虑。

3) 屋顶突出小建筑的水平地震作用计算方法：按式 (1-5) 计算值的 3 倍取值，但此增加部分的地震作用效应不应往下传递，即在计算层间剪力时，突出部位的水平地震作用标准值 F_i 仍按式 (1-5) 取值。屋顶突出小建筑水平地震作用的增大是因为小建筑的重力荷载比主体建筑物的重力荷载及刚度小得多，类似鞭梢，在地震作用下产生强烈的鞭击效应。

(2) 建筑物的重力荷载代表值。在计算水平地震作用时所用建筑物重力荷载代表值 G_i ，应取结构和构配件自重标准值和各可变荷载组合值之和。组合值中，恒载标准值取 100%；雪荷载取 50%；屋面积灰荷载取 50%；屋面活荷载不考虑。按实际情况考虑的楼面活荷载取 100%；书档库等效均布楼面活荷载取 80%，其他民用建筑等效楼面活荷载取 50%。

(3) 水平地震作用方向。实际风荷载及地震作用方向是随意的、不定的。在结构设计中假设水平力作用在主轴方向，对 x 轴和 y 轴方向的墙体分别进行内力分析。每一方向的水平力只由该方向的抗侧力结构承担，而垂直于荷载方向抗侧力结构；在计算中不予考虑。

(4) 竖向地震作用的计算。《建筑抗震设计规范》规定设防烈度为 9 度的高层建筑需考虑地震的竖向作用。

长的水平悬挑构件，如挑台、雨罩、旋转餐厅等，其竖向作用按结构自重及承受外荷重的 10% (8 度) 和 20% (9 度) 考虑。

二、砌体结构材料

砌体结构的组成材料为各种块体和砌筑砂浆。其受力性能的共同特点是抗压能力较好而抗拉强度很低。

1. 块体及其强度等级

(1) 烧结普通砖、非烧结硅酸盐砖和承重粘土空心砖的强度等级以“MU”表示，单位为 Mpa ，其值相当于抗压强度的 1/0.98 倍。分为：MU30、MU25、MU20、MU15、MU10 和 MU7.5 等六级。它是根据受压试件标准试验方法测得的抗压强度，并考虑了规定的抗折强度来划分的。

实心砖的尺寸为 $240 \times 115 \times 53 \text{mm}^3$

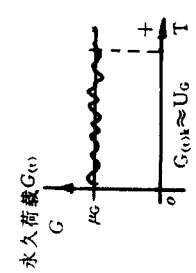
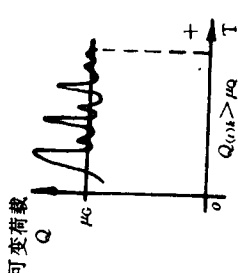
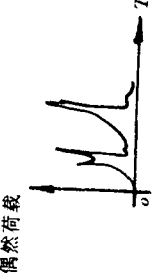
空心砖的尺寸可分为三种型号：

KM₁ 尺寸为 $190 \times 190 \times 90 \text{mm}^3$

KP₁ 尺寸为 $240 \times 115 \times 90 \text{mm}^3$

表 1-1

建筑结构荷载规范使用说明一览表

荷载分类	名称图示	种类	荷载代表值			荷载分项系数
			荷载标准值 kN/m^2	可变荷载准值系数 (ψ_c)	荷载组合系数 (ψ_c)	
1	 永久荷载 G 永久荷载	建筑构造层 结构自重 土压力	$G_k = mg = \rho V g$ 时, 附表 1.1 变异性不大时 $\rho = \mu_c$ 变异性大时: 对结构有利取 $\rho_{\perp}$ 对结构不利取 $\rho_{\downarrow}$			作用效应对结构不利时 $r_G = 1.2$, 作用效应对结构有利时 $r_G = 1.0$, 抗倾覆验算时 $r_G = 0.9$
2	 可变荷载 Q 可变荷载	屋面活荷载 楼面活荷载 屋面面积荷载 吊车荷载 风荷载 雪荷载	轻屋面 0.3 不上人轻屋面 0.5 附表 1.3 重屋面 0.7 上人 1.5 民用建筑楼面 附表 1.3 工业建筑楼面 无设备操作区 2.0 等效均布荷载 调查研究依实际情况 一般不考虑 不考虑 东北地区 0.2 新疆北部 0.15 其他不考虑	剧场 0.3 一般 0.4, 0.5 书档案 0.8 0.8 一般不考虑 不考慮	(0.5) (0.8) (0.5) 硬钩 (0.3) 有风 $\psi_c = 0.6$ 无风 $\psi_c = 1.0$ (0.5)	$r_Q = 0.4$ $Q_k \geq 4kN/m^2$ 时 $r_Q = 1.3$ ($r_{2k} = 1.3$) ($r_{2k} = 1.3$)
3	 偶然荷载 T 偶然荷载	爆炸力 冲击力 龙卷风	按特殊专业规范确定			
4	应用范围		用于按正常使用极限状态设计时	用于按正常使用极限状态长期效应组合设计时	用于按承载能力极限状态和正常使用极限状态按短期效应组合设计时	用于按承载能力极限状态设计时

注 () 系数值为地震作用时的组合系数和分项系数。

KP₂ 尺寸为 240×180×115mm³。

字母 K 表示空心, M 表示模数, P 表示普通。

(2) 砌块。砌块一般指混凝土空心砌块、加气混凝土砌块及硅酸盐实心砌块。通常把高度为 180~350mm 的称为小型砌块, 360~900mm 者称为中型。混凝土小型和中型空心砌块与粉煤灰中型实心砌块的强度等级划分为 MU15、MU10、MU7.5、MU5、MU3.5 等五级。砌块的强度等级是用实际砌块的强度确定的, 而原《砖石结构设计规范》是采用立方体强度确定的。

(3) 天然石材。天然石材按其加工后的外形规则程度可分为料石和毛石两种。料石又可分为细料石、半细料石、粗料石和毛料石。

石材的强度等级可划分为 MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20、MU15 和 MU10 等九级。石材的强度等级的确定是采用 70×70×70mm³ 立方体为标准试件确定的。

2. 砂浆及其强度等级

砂浆的作用是把块体粘结成整体, 使其形成砌体共同工作, 并抹平砖石表面使之受力均匀。砂浆按组成可分为三类: 水泥砂浆, 用于高强度的砌体中; 混合砂浆, 用于一般墙体中; 非水泥砂浆, 可用于简易或临时建筑的砌体中。

砂浆的强度等级以 M 表示, 取英文 Mortar 字头。划分为 M15、M10、M7.5、M5、M2.5、M1.0、M0.4 七级。0 号砂浆用于尚未硬结的新砌体中。它是由边长为 70.7mm 的立方体试块, 龄期为 28 天, 抗压试验测得的抗压强度确定的。

3. 各类砌体的抗压强度

砌体强度是衡量砌体结构承载能力高低的一个主要指标。主要有以下三种强度名称: 强度平均值 (f_m)。这是材料的基本强度。是母体强度的平均值:

$$f_m = \sum_{i=1}^n \frac{f_{mi}}{n}$$

式中 f_{mi} 为第 i 个子样试件的强度值, n 为子样总数。

强度标准值 (f_k) 或称特征强度:

$$f_k = f_m - 1.645\sigma = f_m (1 - 1.645\delta_i)$$

式中 σ 和 δ_i 分别表示母体强度的标准差和变异系数。 f_k 的统计学意义是低于此 f_k 值的概率为 0.05, 或 20 个试件中只有 1 个可能低于此值。

强度设计值 (f_d 或 f)

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_t} = \frac{f_k}{1.5} = 0.67f_k$$

(1) 各类砌体的轴心抗压强度平均值。规范根据近年来我国对各类砌体抗压强度所做的系统试验, 提出以下适用于各类砌体抗压强度平均值 f_m 的表达式:

$$f_m = k_1 \cdot (f_1)^a \cdot (1 + 0.07f_2) \cdot k_2 \quad (1-6)$$

式中 f_1, f_2 ——分别为标准试验方法测得的块体和砂浆的抗压强度平均值;

k_1, a ——砌体类型系数及与块体高度有关的系数;

k_2 ——低强度等级砌体的强度降低系数。

式 (1-6) 反映了影响砌体强度的诸因素。系数 k_1, a, k_2 可由表 1-2 查得。

(2) 各类砌体的抗压强度标准值 f_k 。 f_k 统一取为强度分布的 95% 下分位值。计算公式为

$$\left. \begin{aligned} f_k &= 0.72f_m \text{ (毛石外砌体)} \\ f_k &= 0.61f_m \text{ (毛石砌体)} \end{aligned} \right\} \quad (1-7)$$

(3) 各类砌体的抗压强度设计值可由下式求得:

$$\left. \begin{aligned} f &= 0.72f_m/1.5 = 0.48f_m \text{ (毛石外砌体)} \\ f &= 0.61f_m/1.5 = 0.40f_m \text{ (毛石砌体)} \end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

龄期为 28 天的按毛截面计算的各类砌体抗压强度设计值, 根据块体和砂浆的强度等级, 分别应按附表 1-7~附表 1-12 采用。

表 1-2 各类砌体轴心抗压强度平均值 f_m 公式中的系数

砌体种类	k_1	α	k_2
粘土砖、空心砖、非烧结硅酸盐砖	0.78	0.5	当 $f_2 < 1$ 时, $k_2 = 0.6 + 0.4f_2$
一砖厚空斗	0.13	1.0	当 $f_2 = 0$ 时, $k_2 = 0.8$
混凝土小型空心砌块	0.46	0.9	当 $f_2 = 0$ 时, $k_2 = 0.8$
中型砌块	0.47	1.0	当 $f_2 > 5$ 时, $k_2 = 1.15 - 0.03f_2$
毛料石	0.79	0.5	当 $f_2 < 1$ 时, $k_2 = 0.6 + 0.4f_2$
毛石	0.22	0.5	当 $f_2 < 2.5$ 时, $k_2 = 0.4 + 0.24f_2$

注 k_2 在表列条件以外时均等于 1。

为了核对建筑物实际砌体的强度常进行试验, 此时所得到的试验值需与砌体强度的平均值或标准值比较。或者进行砂浆强度试验, 当试验值与砂浆强度不符合时, 需要求得砌体强度。这时则要求知道砌体的强度平均值和标准值。砌体强度平均值和标准值可查《砌体结构设计规范》附录二。

4. 砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉及抗剪强度设计值

在实际工程中, 有时也会遇到轴心拉力、弯矩和剪力作用于各类砌体的情况。故规范给出龄期为 28 天的以毛截面计算的各类砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉及抗剪强度值。

(1) 砌体的轴心抗拉强度。当砌体在轴心拉力作用下, 有两种破坏形式:

其一, 当块体的强度高而砂浆的强度低时, 砌体沿齿缝受拉破坏。

其二, 当砂浆强度高而块体强度低时, 裂缝可能穿过块体和竖缝截面, 而产生直缝受拉破坏。

在实际设计中, 取两者偏低值。

(2) 砌体的弯曲抗拉强度。砌体受弯时, 可有三种破坏情况:

其一, 当块体较砂浆强度高时, 砌体沿齿缝截面破坏。

其二, 当块体较砂浆强度相对低时, 砌体沿竖缝和块体直缝截面破坏。

其三, 在竖向荷载作用下, 当偏心距较大时, 或在水平荷载作用下, 当弯矩较大时, 砌体沿最大弯矩截面的水平通缝弯曲受拉破坏。

各类砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉及抗剪强度设计值可由附表 1-13 和附表 1-14 查得。

5. 影响砌体强度的各种因素

(1) 块体强度是影响砌体抗压强度的主要因素。块体的强度等级愈高, 则砌体的抗压强度也愈高; 砂浆的强度对砌体的抗压强度影响较小。但砂浆强度对砌体抗拉、抗弯、抗剪强度起着主要作用; 而块体强度则影响甚微。

(2) 块体的高度和外形是影响砌体强度的重要因素。块体的高度越大, 则灰缝的数量越