

高校土木工程专业规划教材

GAOXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

# 土木工程专业毕业设计指导 房屋建筑工程卷

梁兴文 史庆轩 主编

TUMU GONGCHENG ZHUANYE  
BIYE SHEJI ZHIDAO  
FANGWU JIANZHU GONGCHENGJUAN

中国建筑工业出版社

高校土木工程专业规划教材

# 土木工程专业毕业设计指导

——房屋建筑工程卷

梁兴文 史庆轩 主编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程专业毕业设计指导——房屋建筑工程卷/梁兴文, 史庆轩主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 4

高校土木工程专业规划教材  
ISBN 978-7-112-16557-5

I. ①土… II. ①梁…②史… III. ①土木工程-毕业设计-高等学校-教学参考资料②房屋-建筑工程-毕业设计-高等学校-教学参考资料 IV. ①TU②TU71

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 046988 号

本书为高等院校土木工程专业的教学参考书, 根据最新颁布的一系列建筑工程设计规范、标准, 紧密结合工程实际编写。内容包括结构设计概论、混凝土框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构和单层工业厂房结构房屋的结构设计。

本书着重阐明了房屋建筑结构设计的基本概念和要点, 给出了比较详细和完整的设计实例, 有利于读者掌握基本概念和设计方法。内容安排符合土木工程专业毕业设计的教学要求, 具有一定的系统性和完整性, 有利于提高学生的工程实践能力。本书文字通俗易懂, 论述由浅入深, 循序渐进, 便于自学理解。

本书可作为高等院校土木工程专业的教学辅导材料, 也可供相关专业的设计、施工和科研人员参考。

责任编辑: 王 跃 吉万旺

责任校对: 张 颖 赵 颖

## 高校土木工程专业规划教材 土木工程专业毕业设计指导

——房屋建筑工程卷

梁兴文 史庆轩 主编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京画中画印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 24 $\frac{3}{4}$  字数: 600 千字

2014 年 5 月第一版 2014 年 5 月第一次印刷

定价: 48.00 元

ISBN 978-7-112-16557-5

(25390)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 前 言

工科学生的毕业设计教学过程是学生毕业前的最后学习和综合训练阶段，是深化、拓宽、综合教学的重要过程。对培养学生的综合素质、工程实践能力和创新能力均起着非常重要的作用。

多年来的教学实践证明，土木工程专业的学生在掌握了数学、力学和各专业课程之后，做毕业设计时仍感到困惑，迫切需要一本毕业设计指导书。为此，我们基于“无师自通”的设想，编写了本书。

本书是根据最新颁布的一系列建筑工程设计规范、标准，紧密结合工程实际编写的，内容包括：混凝土结构设计概论、混凝土框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构和单层工业厂房结构房屋的结构设计。着重阐述了这四种房屋建筑设计的基本概念和要点，给出了比较详细和完整的设计实例。

本书由西安建筑科技大学土木工程学院的部分教师编写：第1章（梁兴文）、第2章（梁兴文、邓明科）、第3章（史庆轩、王秋维）、第4章（梁兴文、于婧）和第5章（李晓文）。由资深教授童岳生先生主审。陶毅副教授、门进杰副教授以及研究生党争、王英俊、田建波、邢朋涛、王朋、党王祯、王南、梁丹、刘贞珍、王斌、徐洁、王海、剡理帧等，为本书绘制了部分插图并做了部分计算工作。特在此对他们表示深切的感谢。

本书在编写过程中参考了大量国内外文献，引用了一些学者的资料，这在本书末的参考文献中已予列出。

希望本书能为读者的学习和工作提供帮助。鉴于作者水平有限，书中难免有错误及不妥之处，敬请读者批评指正。

# 目 录

<b>第 1 章 结构设计概论</b> .....	1
1.1 结构设计的基本原则 .....	1
1.2 建筑结构选型及结构布置 .....	1
1.3 结构上的作用及其作用效应组合 .....	6
1.4 水平地震作用及其效应组合.....	13
1.5 承载力及变形计算.....	18
1.6 基础设计.....	21
<b>第 2 章 钢筋混凝土框架结构房屋设计</b> .....	31
2.1 结构布置及计算简图.....	31
2.2 重力荷载及水平地震作用计算.....	33
2.3 水平荷载作用下框架结构的内力和位移计算.....	36
2.4 竖向荷载作用下框架结构内力计算.....	44
2.5 框架梁、柱内力组合.....	46
2.6 构件设计及构造措施.....	52
2.7 弹塑性变形验算.....	63
2.8 设计实例.....	66
<b>第 3 章 钢筋混凝土剪力墙结构房屋设计</b> .....	129
3.1 结构布置 .....	129
3.2 剪力墙结构内力和位移计算 .....	131
3.3 剪力墙截面设计 .....	141
3.4 剪力墙结构房屋设计要点及步骤 .....	153
3.5 设计实例 .....	157
<b>第 4 章 框架-剪力墙结构房屋设计</b> .....	218
4.1 结构布置 .....	218
4.2 框架-剪力墙结构内力和位移分析 .....	220
4.3 框架-剪力墙结构房屋设计要点及步骤.....	228
4.4 设计实例 .....	234
<b>第 5 章 钢筋混凝土柱单层厂房结构设计</b> .....	304
5.1 结构布置及柱截面尺寸的初步拟定 .....	304
5.2 横向排架内力分析及内力组合 .....	308
5.3 横向抗震计算 .....	312
5.4 钢筋混凝土柱设计 .....	319
5.5 钢筋混凝土柱下单独基础设计 .....	324
5.6 纵向抗震计算 .....	329
5.7 设计实例 .....	340
<b>参考文献</b> .....	389

# 第 1 章 结构设计概论

## 1.1 结构设计的基本原则

结构设计的基本目的是应科学地解决结构物的可靠与经济这对矛盾，力求以最经济的途径，使所建造的结构以适当的可靠度满足各项预定功能的要求。结构的基本功能是由其用途所决定的，具体如下所述：

(1) 安全性。结构能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用（包括荷载及外加变形或约束变形）；当发生火灾时，在规定的时间内可保持足够的承载力；当发生爆炸、撞击、人为错误等偶然事件时，结构能保持必需的整体稳固性，不出现与起因不相称的破坏后果，防止出现结构的连续倒塌。对重要的结构，应采取必要的措施，防止出现结构的连续倒塌；对一般的结构，宜采取适当的措施，防止出现结构的连续倒塌。

(2) 适用性。结构在正常使用时具有良好的工作性能，如不发生过大的变形和过宽的裂缝等。

(3) 耐久性。结构在正常维护下具有足够的耐久性能，如结构材料的风化、腐蚀和老化不超过一定限度等。

安全性、适用性和耐久性总称结构的可靠性，也就是结构在规定的时间内（设计基准期为 50 年），在规定的条件下（正常设计、正常施工和正常使用），完成预定功能的能力。而结构可靠度则是结构可靠性的概率度量。结构设计中，增大结构的安全余量，如加大截面尺寸及配筋或提高对材料性能的要求，总是能满足预定功能要求的，但会使工程造价提高，导致结构设计经济效益降低。因此，科学的设计方法应在结构的可靠与经济之间选择一种最佳的平衡，以比较经济合理的方法，使所设计的结构具有适当的可靠度。

## 1.2 建筑结构选型及结构布置

### 1.2.1 结构类型及选择

建筑结构的分类方法很多，按结构所用材料分类时，可分为砌体结构（包括砖石和砌块砌体）、混凝土结构（包括混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土结构）、钢结构、混合结构及木结构等。其中混合结构是指由钢框架或型钢混凝土框架与钢筋混凝土筒体（或剪力墙）所组成的共同承受竖向和水平作用的高层建筑结构。

各类结构有其一定的适用范围，应根据其材料性能、结构形式、受力特点和建筑使用要求及施工条件等因素合理选择。一般来说，无筋砌体结构主要用于建造多层住宅、办公楼、教学楼以及小型单层工业厂房等；钢结构多用于建造超高层建筑以及有重型吊车、跨度大于 36m 或有特殊要求的工业厂房；混合结构主要用于建造超限高层建筑结构；其他情况均可采用钢筋混凝土结构。

结构选型实际上是选择合理的结构方案，是一项综合性很强的技术工作，必须慎重对待。

### 1.2.2 高层建筑的结构体系及选择

高层建筑常用的结构体系有框架结构、剪力墙结构、筒体结构以及它们的组合体系。

#### 1. 框架结构体系

框架结构由梁、柱构件通过节点连接构成，它既承受竖向荷载，又承受水平荷载。

框架结构体系的优点是：建筑平面布置灵活，能获得大空间；建筑立面容易处理；结构自重较轻；计算理论比较成熟；在一定的高度范围内造价较低。其缺点是：侧向刚度较小，在地震作用下非结构构件（如填充墙、建筑装饰等）破坏较严重。因此，采用框架结构时应控制建筑物的层数和高度。我国的《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010（以下简称《高层规程》）规定了框架房屋适用的最大高度，见表 1-1（A 级为常规高度的高层建筑）。

A 级高度钢筋混凝土高层建筑的适用最大高度 (m)

表 1-1

结构体系	非抗震设计	抗震设防烈度					
		6 度	7 度	8 度		9 度	
				0.20g	0.30g		
框架	70	60	50	40	35	—	
框架-剪力墙	150	130	120	100	80	50	
剪力墙	全部落地剪力墙	150	140	120	100	80	60
	部分框支剪力墙	130	120	100	80	50	不应采用
筒体	框架-核心筒	160	150	130	100	90	70
	筒中筒	200	180	150	120	100	80
板柱-剪力墙	110	80	70	55	40	不应采用	

注：1. 表中框架不含异形柱框架；

2. 部分框支剪力墙结构指地面上有部分框支剪力墙的剪力墙结构；

3. 甲类建筑，6、7、8 度时宜按本地区抗震设防烈度提高一度后符合本表的要求，9 度时应专门研究；

4. 框架结构、板柱-剪力墙结构以及 9 度抗震设防的表列其他结构，当房屋高度超过本表数值时，结构设计应有可靠依据，并采取有效的加强措施。

#### 2. 剪力墙结构体系

采用钢筋混凝土墙体承受水平荷载的结构体系，称为剪力墙结构体系。在地区，因其主要用于承受水平地震力，故也称为抗震墙。

剪力墙结构体系的侧向刚度大，结构的水平位移小。但是其结构自重大，建筑平面布置局限性大，较难获得较大的建筑空间。因此，剪力墙结构体系适用于高层住宅、宾馆等建筑。《高层规程》规定的剪力墙结构房屋适用的最大高度见表 1-1 和表 1-2（B 级为超限高层建筑）。

#### 3. 框架-剪力墙结构体系

为了充分发挥框架结构“建筑平面布置灵活”和剪力墙结构“侧移刚度大”的特点，当建筑物需要有较大空间且其高度超过了框架结构的合理高度时，可采用框架和剪力墙共同工作的结构体系。在框架结构中，加上一定数量的剪力墙，形成框架-剪力墙结构体系，其中剪力墙承担大部分水平荷载，而框架只承担较小的一部分水平荷载。

B 级高度钢筋混凝土高层建筑的适用高度 (m)

表 1-2

结构体系		非抗震设计	抗震设防烈度			
			6 度	7 度	8 度	
					0.2g	0.3g
框架-剪力墙		170	160	140	120	100
剪力墙	全部落地剪力墙	180	170	150	130	110
	部分框支剪力墙	150	140	120	110	80
筒体	框架-核心筒	220	210	180	140	120
	筒中筒	300	280	230	170	150

- 注: 1. 部分框支剪力墙结构指地面上有部分框支剪力墙的剪力墙结构;  
 2. 甲类建筑, 6、7 度时宜按本地区设防烈度提高一度后符合本表的要求, 8 度时应专门研究;  
 3. 当房屋高度超过表中数值时, 结构设计应有可靠依据, 并采取有效措施。

框架-剪力墙结构体系常用于建造高层办公楼、教学楼等需要有较大空间的房屋, 亦可用于建造高层住宅、宾馆等建筑, 其适用的最大高度见表 1-1 和表 1-2。

#### 4. 筒体结构体系

筒体结构属于整体刚度很大的结构体系。由于它能提供很大的建筑空间和建筑高度, 建筑物内部空间的划分可以灵活多变。因此, 它广泛应用于多功能、多用途的超高层建筑中。筒体结构房屋适用的最大高度见表 1-1 和表 1-2。

除上述几种结构体系外, 高层建筑中还有板柱-剪力墙、框支剪力墙(带转换层高层建筑结构)、框架-核心筒、带伸臂框架-核心筒(带加强层高层建筑结构)、筒中筒以及巨型框架等结构体系。设计时应综合考虑房屋的重要性、设防烈度、场地条件、房屋高度、地基基础以及材料供应和施工条件, 并结合结构体系的经济、技术指标, 选择最合适的结构体系。

高层建筑除应满足表 1-1 和表 1-2 所规定的最大适用高度限值外, 其高宽比不宜超过表 1-3 的规定。

钢筋混凝土高层建筑结构适用的最大高宽比

表 1-3

结构类型	非抗震设计	抗震设防烈度		
		6 度、7 度	8 度	9 度
框架	5	4	3	—
板柱-剪力墙	6	5	4	—
框架-剪力墙、剪力墙	7	6	5	4
框架-核心筒	8	7	6	4
筒中筒	8	8	7	5

### 1.2.3 高层建筑的结构布置

#### 1. 结构平面布置

震害资料表明, 凡是建筑体型不规则, 平面上凸出凹进, 立面上高低错落, 其震害均比较严重; 建筑体型简单规则, 震害均比较轻。因此, 需要抗震设防的高层建筑, 其平面布置应符合下列要求: (1) 平面宜简单、规则、对称, 减少偏心, 否则应考虑扭转的不利影响; (2) 平面长度不宜过长, 突出部分长度  $l$  不宜过大, 凹角处宜采取加强措施



(图 1-1);  $L$ 、 $l$  等值宜满足表 1-4 的要求; (3) 不宜采用角部重叠的平面图形或细腰形平面图形。对于井字形等外伸长度较大的建筑, 当中央部分楼、电梯间使楼板过分削弱时, 宜在外伸凹槽处设置连接梁或连接板。

$L$ 、 $l$  的限值

表 1-4

设防烈度	$L/B$	$l/B_{\max}$	$l/b$
6、7 度	$\leq 6.0$	$\leq 0.35$	$\leq 2.0$
8、9 度	$\leq 5.0$	$\leq 0.30$	$\leq 1.5$

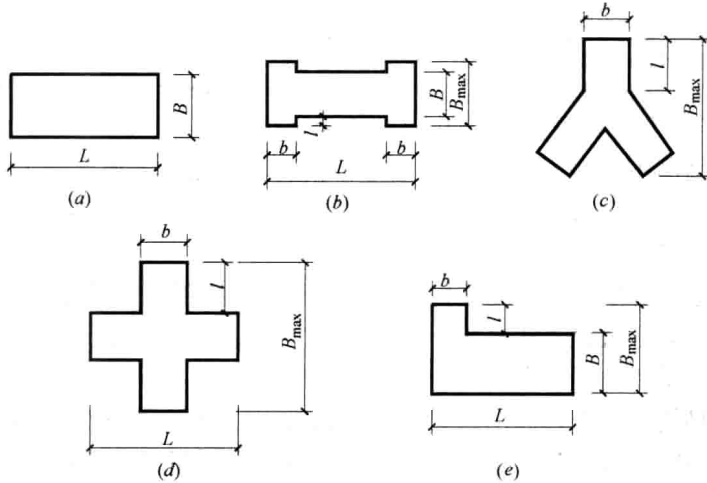


图 1-1 建筑平面

## 2. 结构竖向布置

建筑的立面和竖向剖面力求规则, 结构的侧向刚度均匀变化, 避免刚度突变; 竖向抗侧力构件截面和材料强度等级自下而上逐渐减小, 宜避免抗侧力结构的承载力突变。抗震设计时, 对框架结构, 楼层与上部相邻楼层的侧向刚度比  $\gamma_1$  不宜小于 0.7, 与上部相邻三层侧向刚度比  $\gamma_1$  的平均值不宜小于 0.8; 对框架-剪力墙和板柱-剪力墙结构、剪力墙结构、框架-核心筒结构、筒中筒结构, 楼层与上部相邻楼层侧向刚度比  $\gamma_2$  不宜小于 0.9, 楼层层高大于相邻上部楼层层高 1.5 倍时, 不应小于 1.1, 底部嵌固楼层不应小于 1.5。 $\gamma_1$  和  $\gamma_2$  分别按下式计算:

$$\gamma_1 = \frac{V_i/\Delta_i}{V_{i+1}/\Delta_{i+1}}, \quad \gamma_2 = \frac{V_i/(\Delta_i/h_i)}{V_{i+1}/(\Delta_{i+1}/h_{i+1})} \quad (1-1)$$

式中  $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ ——分别表示不考虑和考虑层高修正的楼层侧向刚度比;

$V_i$ 、 $V_{i+1}$ ——分别表示第  $i$  层和第  $i+1$  层的地震剪力标准值;

$\Delta_i$ 、 $\Delta_{i+1}$ ——分别表示第  $i$  层和第  $i+1$  层的层间位移;

$h_i$ 、 $h_{i+1}$ ——分别表示第  $i$  层和第  $i+1$  层的层高。

楼层抗侧力结构的层间受剪承载力是指在所考虑的水平地震作用方向上, 该层全部柱、剪力墙、斜撑的受剪承载力之和。为防止楼层抗侧力结构的承载能力突变导致薄弱层破坏, A 级高度高层建筑的楼层抗侧力结构的层间受剪承载力不宜小于其相邻上一层受剪承载力的 80%, 不应小于其相邻上一层受剪承载力的 65%; B 级高度高层建筑的楼层

层间抗侧力结构的受剪承载力不应小于其相邻上一层受剪承载力的 75%。

设计中一般是沿竖向分段改变构件截面尺寸和混凝土强度等级，每次改变，柱截面尺寸宜减小 100~150mm，剪力墙厚度减小 50mm，混凝土强度等级降低一级为宜。柱、墙截面尺寸减小和混凝土等级降低宜错开楼层，避免同层同时改变。

底层取消部分墙柱形成空旷房间，底部采用部分框支剪力墙或中部楼层部分剪力墙被取消时，应采取有效措施（如加大已有墙柱的截面尺寸、提高这些楼层的混凝土强度等级等）防止由于刚度改变而产生的不利影响。

### 3. 变形缝的设置

在设计中宜调整平面形状和尺寸，采用构造和施工措施，不设伸缩缝、防震缝和沉降缝。当需要设缝时应使三缝合一，并将房屋结构划分为独立的结构单元。

(1) 当高层建筑结构未采取可靠措施时，其伸缩缝间距不宜超出表 1-5 的限值。

伸缩缝的最大间距

表 1-5

结构体系	施工方法	最大间距(m)
框架结构	现浇	55
剪力墙结构	现浇	45

注：1. 框架-剪力墙的伸缩缝间距可根据结构的具体布置情况取表中框架结构与剪力墙结构之间的数值；

2. 当屋面无保温或隔热措施、混凝土的收缩较大或室内结构因施工外露时间较长时，伸缩缝间距应适当减小；

3. 位于气候干燥地区、夏季炎热且暴雨频繁地区的结构，伸缩缝的间距宜适当减小。

当采用下列构造措施和施工措施减少温度和混凝土收缩对结构的影响时，可适当放宽伸缩缝的间距：顶层、底层、山墙和纵墙端开间等温度变化影响较大的部位提高配筋率；顶层加强保温隔热措施，外墙设置外保温层；每 30~40m 间距留出施工后浇带，带宽 800~1000mm，钢筋采用搭接接头，后浇带混凝土宜在两个月后浇灌；顶部楼层改用刚度较小的结构形式或顶部设局部温度缝，将结构划分为长度较短的区段；采用收缩较小的水泥、减小水泥用量、在混凝土中加入适量的外加剂；提高每层楼板的构造配筋率或采用部分预应力混凝土楼盖结构等。

(2) 当房屋平面各项尺寸超过表 1-4 的限值而无加强措施或房屋有较大错层以及各部分结构的刚度或荷载相差悬殊而又未采取有效措施时，宜设防震缝。防震缝的最小宽度应符合下列要求：框架结构房屋，当高度不超过 15m 时可采用 100mm；超过 15m 的部分，6 度、7 度、8 度和 9 度相应每增加高度 5m、4m、3m 和 2m，宜加宽 20mm；框架-剪力墙和剪力墙结构房屋的防震缝宽度，可分别按相同高度框架结构房屋防震缝宽度的 70% 和 50% 采用，同时均不宜小于 100mm。

防震缝两侧结构体系不同时，防震缝宽度应按不利的结构类型确定；防震缝两侧的房屋高度不同时，防震缝宽度应按较低的房屋高度确定。

(3) 房屋的高层部分与裙房之间采取下列措施后可连为整体而不设沉降缝：采用桩基础，桩支承在基岩上；或采取减少沉降的有效措施并经计算，沉降差在允许范围内；主楼与裙房采用不同的基础形式，并宜先施工主楼，后施工裙房，调整土压力使后期沉降基本接近；地基承载力较高、沉降计算较为可靠时，主楼和裙房的标高预留沉降差，先施工主

楼，后施工裙房，使两者标高最终基本一致。

#### 1.2.4 屋盖（楼面）体系的选择

高层建筑中各竖向抗侧力结构（框架、剪力墙、筒体等）是依靠水平楼面结构连为整体的，水平力通过楼板平面进行传递和分配。因此，要求楼板在自身平面内有足够大的刚度。对需要进行抗震设防、房屋高度超过 50m 时，剪力墙结构和框架结构宜采用现浇楼盖结构，框架-剪力墙结构应采用现浇楼盖结构。房屋高度不超过 50m 时，8、9 度抗震设计的框架-剪力墙结构宜采用现浇楼盖结构；6、7 度抗震设计的框架-剪力墙结构可采用装配整体式楼盖，且应符合下列要求：

(1) 楼盖每层宜设置钢筋混凝土现浇层。现浇层厚度不应小于 50mm，混凝土强度等级不应低于 C20，不宜高于 C40，并应双向配置 6~8mm、间距 150~200mm 的钢筋网，钢筋应锚固在剪力墙内。

(2) 楼盖的预制板板缝宽度不宜小于 40mm，板缝大于 40mm 时应在板缝内配置钢筋，并宜贯通整个结构单元。预制板板缝、板缝梁的混凝土强度等级应高于预制板的混凝土强度等级，且不应低于 C20。

房屋的顶层、结构转换层、平面复杂或开洞过大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地下室楼层应采用现浇楼面结构。一般楼层现浇楼板厚度不应小于 80mm，当板内预埋暗管时不宜小于 100mm；顶层楼板厚度不宜小于 120mm，宜双层双向配筋；转换层楼板和地下室顶板的厚度不宜小于 180mm，混凝土强度等级不宜低于 C30，应采用双层双向配筋，且每层每个方向的配筋率不宜小于 0.25%。

### 1.3 结构上的作用及其作用效应组合

施加在结构上的集中力或分布力和引起结构外加变形和约束变形的原因，统称为结构上的作用。结构构件自重、楼面上的人群和各种物品的重量、设备重量、风压及雪压等，一般称为直接作用，习惯上称为荷载；温度变化、结构材料的收缩和徐变、地基不均匀沉降及地震等，也能使结构产生效应，一般称为间接作用。直接作用或间接作用在结构内产生的内力（如轴力、弯矩、剪力和扭矩）和变形（如挠度、转角和裂缝等），称为作用效应；仅由荷载产生的效应，称为荷载效应。

结构上的荷载分为永久荷载（恒荷载）、可变荷载（活荷载）和偶然荷载（如地震作用、爆炸力、撞击力等）。

荷载有四种代表值，即标准值、频遇值、准永久值和组合值，其中标准值是荷载的基本代表值，其他代表值是以标准值乘以相应的系数后得出的。荷载标准值是结构在使用期间，在正常情况下，可能出现的具有一定保证率的偏大荷载值。荷载频遇值是指在结构上时而出现的较大荷载值，即在设计基准期间，其超越的总时间为规定的较小比率或超越次数为规定次数的荷载值。荷载准永久值是指在结构上经常作用的荷载值，即在设计基准期间，超越的总时间约为设计基准期一半的荷载值。当有多种可变荷载同时作用在结构上时，为了能使该结构产生的总效应与只有一个可变荷载作用时所产生的效应有最佳的一致性，通常将某些可变荷载的标准值乘以组合值系数予以折减，折减后的荷载值为荷载组合值。

### 1.3.1 重力荷载

#### 1. 永久荷载

建筑结构中的屋面、楼面、墙体、梁柱等构件自重以及找平层、保温层、防水层等重量都是永久荷载，通常称为恒载。永久荷载标准值可按结构构件的设计尺寸和材料单位体积的自重计算确定，对常用材料和构件的自重可从《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012（以下简称《荷载规范》）附表 A.1 中查得，表 1-6 列出了其中最常用的几种。对某些自重变异较大的材料和构件（如现场制作的保温材料、混凝土薄壁构件等），考虑到结构的可靠度，在设计时应根据该荷载对结构有利或不利影响，取其自重上限值或下限值。

常用材料和构件自重表

表 1-6

名称	自重 (kN/m <sup>3</sup> )	备注	名称	自重 (kN/m <sup>2</sup> )	备注
石灰砂浆、混合砂浆	17.0		小瓷砖地面	0.55	包括水泥粗砂打底
水泥砂浆	20.0		水磨石地面	0.65	10mm 面层, 20mm 水泥砂浆打底
水泥垩石砂浆	5.0~8.0		缸砖地面	1.7~2.1	60mm 砂垫层, 53mm 面层平铺
素混凝土	22.0~24.0	振捣或不振捣	缸砖地面	3.3	60mm 砂垫层, 115mm 面层, 侧铺
泡沫混凝土	4.0~6.0		硬木地板	0.2	厚 25mm, 剪力撑、钉子等自重在内, 不包括格栅自重
加气混凝土	5.5~7.5	单块	双面抹灰板隔墙	0.9	每面抹灰厚 16~24mm, 龙骨在内
粉煤灰陶砾混凝土	19.5		单面抹灰板隔墙	0.5	灰厚 16~24mm, 龙骨在内
钢筋混凝土	24.0~25.0		贴瓷砖墙面	0.5	包括水泥砂浆打底, 共厚 25mm
浆砌普通砖	18.0		水泥粉刷墙面	0.36	20mm 厚, 包括打底
浆砌机砖	19.0		水磨石墙面	0.55	25mm 厚, 包括打底
浆砌缸砖	21.0		水刷石墙面	0.5	25mm 厚, 包括打底
焦渣空心砖	10.0		石灰粗砂粉刷	0.34	20mm 厚
水泥空心砖	9.8		木屋架	0.07+ 0.007 <i>l</i>	按屋面水平投影面积计算, 跨度 <i>l</i> 以 m 计
蒸压粉煤灰砖	14.0~16.0		钢屋架	0.12+ 0.011 <i>l</i>	无天窗, 包括支撑, 按屋面水平投影面积计算, 跨度 <i>l</i> 以 m 计
蒸压粉煤灰加气混凝土砌块	5.5		木框玻璃窗	0.2~0.3	
粉煤灰泡沫砌块砌体	8.0~8.5		钢框玻璃窗	0.4~0.5	
土坯砖砌体	16.0		木门	0.1~0.2	
黏土砖空斗砌体	15.0	承重	钢铁门	0.4~0.45	

#### 2. 楼面均布活荷载

民用建筑楼面均布活荷载的标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数，应按表 1-7

的规定采用。由于表 1-7 所规定的楼面均布荷载标准值是以楼板的等效均布活荷载为依据的，故在设计楼板时可以直接取用；而在设计楼面梁、墙、柱及基础时，表中的楼面活荷载标准值在下列情况下应乘以规定的折减系数。

(1) 设计楼面梁时的折减系数

表中第 1 (1) 项当楼面梁从属面积超过 25m<sup>2</sup> 时，取 0.9；第 1 (2)~7 项当楼面梁从属面积超过 50m<sup>2</sup> 时取 0.9；第 9~12 项采用与所属房屋类别相同的折减系数。

(2) 设计墙、柱和基础时的折减系数

表中第 1 (1) 项按表 1-8 的规定采用；表 1 (2)~7 项采用与楼面梁相同的折减系数；第 9~12 项采用与所属房屋类别相同的折减系数。

民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数 表 1-7

项次	类 别		标准值 (kN/m <sup>2</sup> )	组合值 系数 $\psi_c$	频遇值 系数 $\psi_f$	准永久值 系数 $\psi_q$	
1	(1)住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园		2.0	0.7	0.5	0.4	
	(2)试验室、阅览室、会议室、医院门诊室		2.0	0.7	0.6	0.5	
2	教室、食堂、餐厅、一般资料档案室		2.5	0.7	0.6	0.5	
3	(1)礼堂、剧场、影院、有固定座位的看台		3.0	0.7	0.5	0.3	
	(2)公共洗衣房		3.0	0.7	0.6	0.5	
4	(1)商店、展览厅、车站、港口、机场大厅及其旅客等候室		3.5	0.7	0.6	0.5	
	(2)无固定座位的看台		3.5	0.7	0.5	0.3	
5	(1)健身房、演出舞台		4.0	0.7	0.6	0.5	
	(2)运动场、舞厅		4.0	0.7	0.6	0.3	
6	(1)书库、档案库、储藏室		5.0	0.9	0.9	0.8	
	(2)密集柜书库		12.0	0.9	0.9	0.8	
7	通风机房、电梯机房		7.0	0.9	0.9	0.8	
8	汽车通道及客车停车位 车库	(1)单向板楼盖(板跨不小于 2m)和双向板楼盖(楼板跨度不小于 3m×3m)	客车	4.0	0.7	0.7	0.6
			消防车	35.0	0.7	0.5	0.0
		(2)双向板楼盖(板跨不小于 6m×6m)和无梁楼盖(柱网不小于 6m×6m)	客车	2.5	0.7	0.7	0.6
			消防车	20.0	0.7	0.5	0.0
9	厨房	(1)餐厅	4.0	0.7	0.7	0.7	
		(2)其他	2.0	0.7	0.6	0.5	
10	浴室、厕所、盥洗室		2.5	0.7	0.6	0.5	
11	走廊、门厅	(1)宿舍、旅馆、医院病房、托儿所、幼儿园、住宅	2.0	0.7	0.5	0.4	
		(2)办公楼、餐厅、医院门诊部	2.5	0.7	0.6	0.5	
		(3)教学楼及其他可能出现人员密集的情况	3.5	0.7	0.5	0.3	
12	楼梯	(1)多层住宅	2.0	0.7	0.5	0.4	
		(2)其他	3.5	0.7	0.5	0.3	
13	阳台	(1)可能出现人员密集的情况	3.5	0.7	0.6	0.5	
		(2)其他	2.5	0.7	0.6	0.5	

注：1. 本表所给各项活荷载适用于一般使用条件，当使用荷载较大、情况特殊或有专门要求时，应按实际情况采用。  
 2. 第 6 项书库活荷载当书架高度大于 2m 时，书库活荷载尚应按每米书架高度不小于 2.5kN/m<sup>2</sup> 确定。  
 3. 第 8 项中的客车活荷载仅适用于停放载人少于 9 人的客车；消防车活荷载适用于满载总重为 300kN 的大型车辆；当不符合本表的要求时，应将车轮局部荷载按结构效应的等效原则，换算为等效均布荷载；  
 4. 第 8 项消防车活荷载，当双向板楼盖板跨介于 3m×3m~6m×6m 之间时，应按跨度线性插值确定；  
 5. 第 12 项楼梯活荷载，对预制楼梯踏步平板，尚应按 1.5kN 集中荷载验算；  
 6. 本表各项荷载不包括隔墙自重和二次装修荷载。对固定隔墙的自重应按永久荷载考虑，当隔墙位置可灵活自由布置时，非固定隔墙的自重应取不小于 1/3 的每延米长墙重 (kN/m) 作为楼面活荷载的附加值 (kN/m<sup>2</sup>) 计入，且附加值不应小于 1.0kN/m<sup>2</sup>。

楼面梁的从属面积可按梁两侧各延伸 1/2 梁间距的范围内的实际面积确定。

活荷载按楼层的折减系数

表 1-8

墙、柱、基础计算截面以上的层数	1	2~3	4~5	6~8	9~20	>20
计算截面以上各楼层活荷载总和的折减系数	1.00(0.90)	0.85	0.70	0.65	0.60	0.55

注：当楼面梁的从属面积超过 25m<sup>2</sup> 时，可采用括号内的系数。

工业建筑楼面在生产使用或安装检修时，由设备、管道、运输工具及可能拆移的隔墙产生的局部荷载，均按实际情况考虑，可采用均布活荷载代替。对于无设备区域的操作荷载，包括操作人员、一般工具、零星原料和成品的自重，可按均布活荷载考虑，采用 2.0kN/m<sup>2</sup>。生产车间的楼梯活荷载，可按实际情况采用，但不宜小于 3.5 kN/m<sup>2</sup>。

### 3. 屋面均布活荷载

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表 1-9 采用。

屋面均布活荷载

表 1-9

项次	类别	标准值 (kN/m <sup>2</sup> )	组合值系数 $\psi_c$	频遇值系数 $\psi_f$	准永久值系数 $\psi_q$
1	不上人的屋面	0.5	0.7	0.5	0
2	上人的屋面	2.0	0.7	0.5	0.4
3	屋顶花园	3.0	0.7	0.6	0.5
4	屋顶运动场地	3.0	0.7	0.6	0.4

注：1. 不上人的屋面，当施工或维修荷载较大时，应按实际情况采用；对不同类型的结构应按有关设计规范的规定采用，但不得低于 0.3kN/m<sup>2</sup>；

2. 当上人的屋面兼作其他用途时，应按相应楼面活荷载采用；

3. 对于因屋面排水不畅、堵塞等引起的积水荷载，应采取构造措施加以防止；必要时，应按积水的可能深度确定屋面活荷载；

4. 屋顶花园活荷载不应包括花圃土石等材料自重。

### 4. 雪荷载

屋面水平投影面上的雪荷载标准值  $S_k$ ，应按下列式计算：

$$S_k = \mu_r S_0 \quad (1-2)$$

式中  $S_0$ ——基本雪压，系以当地一般空旷平坦地面上统计所得 50 年重现期的最大积雪的自重确定，应按《荷载规范》全国基本雪压分布图及有关的数据采用；

$\mu_r$ ——屋面积雪分布系数，屋面坡度  $\alpha \leq 25^\circ$  时， $\mu_r$  取 1.0，其他情况可按《荷载规范》采用。

雪荷载的组合值系数可取 0.7；频遇值系数可取 0.6；准永久值系数按雪荷载分区 I、II 和 III 的不同，分别取 0.5、0.2 和 0。

#### 1.3.2 风荷载

垂直于建筑物表面上的风荷载标准值  $w_k$  (kN/m<sup>2</sup>)，当计算主要承重结构时应按下式计算：

$$w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0 \quad (1-3)$$

式中  $w_0$ ——基本风压 (kN/m<sup>2</sup>)，应按《荷载规范》全国基本风压分布图及附表 E.5 给出的数据采用，但不得小于 0.3kN/m<sup>2</sup>；

$\mu_s$ ——风荷载体型系数，应按《荷载规范》第 8.3 节的规定采用；

$\mu_z$ ——风压高度变化系数，应按表 1-10 的规定采用；

$\beta_z$ ——高度  $z$  处的风振系数。

基本风压系以当地比较空旷平坦地面上离地 10m 高统计所得的 50 年一遇 10 分钟平均最大风速  $v_0$  (m/s) 为标准，按  $w_0 = \frac{1}{2} \rho v_0^2$  确定的风压， $\rho$  为空气密度 ( $t/m^3$ )。

风压高度变化系数  $\mu_z$

表 1-10

离地面或海平面高度 (m)	地面粗糙度类别			
	A	B	C	D
5	1.09	1.00	0.65	0.51
10	1.28	1.00	0.65	0.51
15	1.42	1.13	0.65	0.51
20	1.52	1.23	0.74	0.51
30	1.67	1.39	0.88	0.51
40	1.79	1.52	1.00	0.60
50	1.89	1.62	1.10	0.69
60	1.97	1.71	1.20	0.77
70	2.05	1.79	1.28	0.84
80	2.12	1.87	1.36	0.91
90	2.18	1.93	1.43	0.98
100	2.23	2.00	1.50	1.04
150	2.46	2.25	1.79	1.33
200	2.64	2.46	2.03	1.58
250	2.78	2.63	2.24	1.81
300	2.91	2.77	2.43	2.02
350	2.91	2.91	2.60	2.22
400	2.91	2.91	2.76	2.40
450	2.91	2.91	2.91	2.58
500	2.91	2.91	2.91	2.74
≥550	2.91	2.91	2.91	2.91

风压高度变化系数是指某类地表上空某高度处的风压与基本风压的比值，该系数取决于地面粗糙度。地面粗糙度分为 A、B、C、D 四类：A 类指近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区；B 类指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇；C 类指有密集建筑群的城市市区；D 类指有密集建筑群且房屋较高的城市市区。

对于高度大于 30m 且高宽比大于 1.5 的房屋，应考虑风压脉动对结构产生顺风向风振的影响。仅考虑结构第一振型的影响，结构在  $z$  高度处的风振系数  $\beta_z$  按下式计算：

$$\beta_z = 1 + 2gI_{10}B_z\sqrt{1+R^2} \quad (1-4)$$

式中  $g$ ——峰值因子，可取 2.5；

$I_{10}$ ——10m 高度名义湍流强度，对应 A、B、C 和 D 类地面粗糙度，可分别取 0.12、

0.14、0.23 和 0.39；

$R$ ——脉动风荷载的共振分量因子；

$B_z$ ——脉动风荷载的背景分量因子。

脉动风荷载的共振分量因子按下式计算：

$$R = \sqrt{\frac{\pi}{6\zeta_1} \frac{x_1^2}{(1+x_1^2)^{4/3}}} \quad (1-5)$$

$$x_1 = \frac{30f_1}{\sqrt{k_w} \omega_0} \quad (x_1 > 5) \quad (1-6)$$

式中  $f_1$ ——结构第 1 阶自振频率 (Hz)；

$k_w$ ——地面粗糙度修正系数，对 A、B、C 和 D 类地面粗糙度，分别取 1.28、1.0、0.54 和 0.26；

$\zeta_1$ ——结构阻尼比，对钢筋混凝土及砌体结构可取 0.05。

对体型和质量沿高度均匀分布的高层建筑，脉动风荷载的背景分量因子按下式计算：

$$B_z = k H^{a_1} \rho_x \rho_z \frac{\phi_1(z)}{\mu_z(z)} \quad (1-7)$$

式中  $\phi_1(z)$ ——结构第 1 阶振型系数，可由结构动力计算确定；迎风面宽度较大的高层建筑，当剪力墙和框架均起主要作用时，其振型系数可按表 1-11 采用；

$H$ ——结构总高度 (m)；

$\rho_x$ ——脉动风荷载水平方向相关系数；

$\rho_z$ ——脉动风荷载竖直方向相关系数；

$k$ 、 $a_1$ ——系数，对高层建筑按表 1-12 取值。

高层建筑的振型系数

表 1-11

相对高度 $z/H$	振型序号			
	1	2	3	4
0.1	0.02	-0.09	0.22	-0.38
0.2	0.08	-0.30	0.58	-0.73
0.3	0.17	-0.50	0.70	-0.40
0.4	0.27	-0.68	0.46	0.33
0.5	0.38	-0.63	-0.03	0.68
0.6	0.45	-0.48	-0.49	0.29
0.7	0.67	-0.18	-0.63	-0.47
0.8	0.74	0.17	-0.34	-0.62
0.9	0.86	0.58	0.27	-0.02
1.0	1.00	1.00	1.00	1.00

系数  $k$  和  $a_1$

表 1-12

粗糙度类别		A	B	C	D
高层建筑	$k$	0.944	0.670	0.295	0.112
	$a_1$	0.155	0.187	0.261	0.346

脉动风荷载的空间相关系数  $\rho_z$  和  $\rho_x$  可按下列规定确定：



1) 竖直方向的相关系数  $\rho_z$ :

$$\rho_z = \frac{10\sqrt{H+60e^{-H/60}} - 60}{H} \quad (1-8)$$

式中  $H$ ——结构总高度 (m), 对 A、B、C 和 D 类地面粗糙度,  $H$  的取值分别不应大于 300m、350m、450m 和 550m。

2) 水平方向的相关系数  $\rho_x$ :

$$\rho_x = \frac{10\sqrt{B+50e^{-B/50}} - 50}{B} \quad (1-9)$$

式中  $B$ ——结构迎风面宽度 (m),  $B \leq 2H$ 。

钢筋混凝土框架、剪力墙和框架-剪力墙结构的基本周期可按下列近似公式计算。

钢筋混凝土框架和框架-剪力墙结构:

$$T_1 = 0.25 + 0.53 \times 10^{-3} H^2 / \sqrt[3]{B} \quad (1-10)$$

钢筋混凝土剪力墙结构:

$$T_1 = 0.03 + 0.03 H / \sqrt[3]{B} \quad (1-11)$$

式中  $H$ ——房屋总高度 (m);

$B$ ——房屋总宽度 (m)。

风荷载的组合值、频遇值和准永久值系数可分别取 0.6、0.4 和 0。

### 1.3.3 作用效应组合

结构或结构构件在使用期间, 可能遇到同时承受永久荷载和两种以上可变荷载的情况。但这些荷载同时都达到它们在设计基准期内的最大值的概率较小, 且对某些控制截面来说, 并非全部可变荷载同时作用时其内力最大。因此, 应进行荷载效应的最不利组合。

由可变荷载效应控制的组合:

$$S = \sum_{i \geq 1} \gamma_{G_i} S_{G_{ik}} + \gamma_P S_P + \gamma_{Q_1} \gamma_{L_1} S_{Q_{1k}} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q_j} \psi_{cj} \gamma_{L_j} S_{Q_{jk}} \quad (1-12)$$

由永久荷载效应控制的组合:

$$S = \sum_{i \geq 1} \gamma_{G_i} S_{G_{ik}} + \gamma_P S_P + \gamma_L \sum_{j \geq 1} \gamma_{Q_j} \psi_{cj} S_{Q_{jk}} \quad (1-13)$$

式中  $S_{G_{ik}}$ ——第  $i$  个永久作用标准值的效应;

$S_P$ ——预应力作用有关代表值的效应;

$S_{Q_{1k}}$ ——第 1 个可变作用 (主导可变作用) 标准值的效应;

$S_{Q_{jk}}$ ——第  $j$  个可变作用标准值的效应。

$\gamma_{G_i}$ ——第  $i$  个永久作用的分项系数, 当其效应对结构不利时, 按式 (1-12) 计算时, 取 1.2; 按式 (1-13) 计算时, 取 1.35; 当其效应对结构有利时, 一般情况下取 1.0;

$\gamma_P$ ——预应力作用的分项系数;

$\gamma_{Q_1}$ ——第 1 个可变作用 (主导可变作用) 的分项系数;

$\gamma_{Q_j}$ ——第  $j$  个可变作用的分项系数;

$\gamma_{L_1}$ 、 $\gamma_{L_j}$ ——第 1 个和第  $j$  个关于结构设计使用年限的荷载调整系数, 设计使用年限为 50 年时取 1.0, 设计使用年限为 100 年时取 1.1;