

11
高校建筑学专业指导委员会规划推荐教材

建筑结构

湖南大学 何益斌 主编



中国建筑工业出版社

高校建筑学专业指导委员会规划推荐教材

建 筑 结 构

湖南大学 何益斌 主编



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构 / 何益斌主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005

高校建筑学专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 7-112-06648-4

I. 建… II. 何… III. 建筑结构—高等学校—教材 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 009287 号

高校建筑学专业指导委员会规划推荐教材

建筑 结 构

湖南大学 何益斌 主编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 26¼ 字数: 650 千字

2005 年 2 月第一版 2005 年 2 月第一次印刷

印数: 1—3500 册 定价: 36.00 元

ISBN 7-112-06648-4

TU·5802(12602)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书根据高等院校土建学科教学指导委员会建筑学专业指导委员会制定的培养目标、培养方案和我国现行的新规范、新规程而编写。书中内容以混凝土结构基本原理和设计为主要内容，将砌体结构、钢结构等内容有机结合。书中还介绍了多高层结构布置及计算原则、建筑结构选型的基本原则和房屋抗震设计的基本知识等内容。

本书适合于高等院校建筑学专业的本科生，也可作为对建筑结构知识有较全面的概括性了解的专业（如城市规划、施工管理、房地产和建筑管理等）的教材或教学参考书。

* * *

责任编辑：陈 桦

责任设计：崔兰萍

责任校对：刘 梅 刘玉英

前 言

我国土木工程领域近年来有了很大的发展，很多大城市都兴建了大量的建筑，随着经济的快速发展和工程经验的不断增加，各类建筑结构规范、规程也在不断更新和完善，本书就是为适应这一变化而编著的。

本书在编写上依据建筑结构的内在联系，以混凝土结构基本原理和设计为主要内容，将砌体结构和钢结构有机结合，形成建筑结构课程体系。此体系充分体现了建筑结构知识的系统性，保证了非土木工程专业对建筑结构知识的基本要求。

在编写中，作者贯彻在教学中以学生为中心、以教师为主导的思想。针对非土木工程专业学生力学和数学知识较弱的特点，教材十分注重实用性和工程性，将基本知识、工程概念和基本技能的培养作为重点，力求基本内容讲解透彻、突出重点、开创新意，同时贯彻少而精的原则，使本课程内容和体系能满足非土木工程专业对建筑结构知识的要求。

本书第一、四、十章由何益斌编写，第二章由吴方伯编写，第五、十一章由刘桂秋编写，第三、七、十二章由樊海涛编写，第六、八章由酆世平编写，第九章由邓广编写，第四章有关楼盖例题由夏栋舟完成。全书由何益斌教授负责制定编写大纲并进行统稿。

由于编写时间仓促及编者水平所限，书中定有不当之处，敬请读者批评指正。

目 录

第一篇 建筑结构概论	1
第一章 概论	2
第一节 建筑结构与建筑的关系	2
第二节 建筑结构的分类	3
第三节 本课程的任务	7
第二章 建筑结构设计基本原理	9
第一节 结构上的荷载	9
第二节 极限状态设计法	12
思考题	17
习题	18
第三章 结构材料的力学性能及指标	19
第一节 结构材料基本要求	19
第二节 木材	21
第二篇 各种建筑结构	23
第四章 混凝土结构	24
第一节 钢筋和混凝土材料的力学性能	24
第二节 钢筋混凝土受弯构件	42
第三节 钢筋混凝土受压构件	93
第四节 预应力混凝土结构的基本知识	107
第五节 钢筋混凝土平面楼盖	121
思考题	156
习题	157
第五章 砌体结构	161
第一节 砌体材料的强度等级	161
第二节 砌体的力学性能	163
第三节 砌体结构房屋墙、柱的静力计算方案	169
第四节 墙、柱受压承载力计算	174
第五节 构造措施	185
第六节 刚性方案房屋墙、柱的计算	194
第七节 过梁、挑梁、墙梁	197
第八节 刚性基础	200
思考题	202
习题	202
第六章 钢结构	206
第一节 钢结构材料和选用原则	206

第二节	钢结构基本构件计算	210
第三节	钢屋架设计要求	215
思考题	.....	217
第七章	钢筋混凝土单层厂房	218
第一节	单层厂房的结构类型及结构布置	218
第二节	单层厂房内力计算	226
第三节	厂房主要构件设计	234
第四节	基础设计	239
思考题	.....	246
第八章	多层与高层钢筋混凝土结构	247
第一节	结构的概念设计	247
第二节	框架结构	248
第三节	剪力墙结构	258
第四节	多高层建筑结构基础类型	264
第五节	国内外高层建筑实例	266
思考题	.....	275
第九章	大跨度建筑结构	276
第一节	单层刚架	276
第二节	桁架结构	280
第三节	拱结构	287
第四节	薄壳结构	291
第五节	折板结构	300
第六节	网架结构	303
第七节	悬索结构	326
第八节	薄膜结构	333
第九节	组合空间结构	339
思考题	.....	345
第三篇	建筑抗震设计基本知识	347
第十章	抗震设计基本概念	348
第一节	震级、烈度、设防标准	348
第二节	抗震设计基本要求	349
第三节	地震作用	351
第四节	地震作用效应和荷载作用效应组合	358
思考题	.....	361
第十一章	多层砌体结构抗震设计	362
第一节	破坏的种类	362
第二节	结构布置原则	363
第三节	抗震承载力验算方法	366
第四节	抗震构造措施	368
思考题	.....	375
习题	.....	375
第十二章	钢筋混凝土多层框架结构的抗震设计简述	376

第一节 框架结构地震破坏特点	376
第二节 结构选型	379
第三节 结构布置原则	380
第四节 构造措施	385
思考题	390
附表	391
参考文献	409

第一篇 建筑结构概论

第一章 概 论

第一节 建筑结构与建筑的关系

建筑的三个最基本要素包括强度、适用和美观。适用是指该建筑的实用功能，即建筑提供的空间要满足建筑的使用要求，这是建筑最基本的特性；美观是建筑物能使那些接触它的人产生一种美学感受，这种效果可能由一种或多种原因产生，其中也包括了建筑形成的象征意义，形状、花纹和色彩的美学特征；强度是建筑的最基本特征，它关系到建筑物保存的完整性和作为一个物体在自然界的生存能力，满足此“强度”所需要的建筑物部分是结构，结构是建筑物的基础，没有结构就没有建筑物，也不存在适用，更不可能有美观。

为使建筑作品达到一定的境界，我们必须了解其结构组成的有关内容，这需要一种将建筑物看作结构体的直觉，需要建筑与结构方面的知识，以及区分建筑的结构部分和非结构部分的技能，而这些直觉、知识和技能都依赖于对结构功能要求的认识。

结构体系的形式不可避免地与其要支撑的建筑物的形式密切相关，结构设计和建筑设计都能采用多种形式。然而，从一个极端来说，建筑师在建筑物形式的创意过程中可能完全忽略结构因素，并且在建筑物的建造过程中完全隐藏结构构件。如众所周知的纽约港口处的自由女神像就是这样一个实例(图 1-1)，由于它含有一套包含楼梯和电梯的内部交通系统，被看作一座建筑物。从另一个极端来说，建筑师也可能完全依赖于结构构件，设计建造一个几乎完全由结构组成的建筑，如德国慕尼黑的奥运会体育馆就是这样一个实例(图 1-2)。

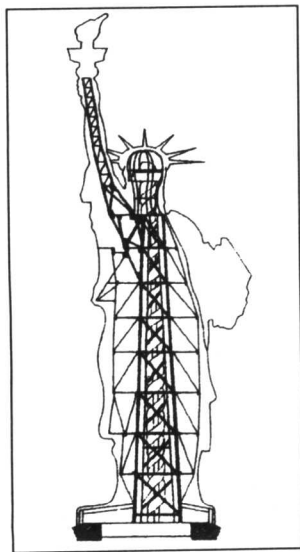


图 1-1 自由女神像

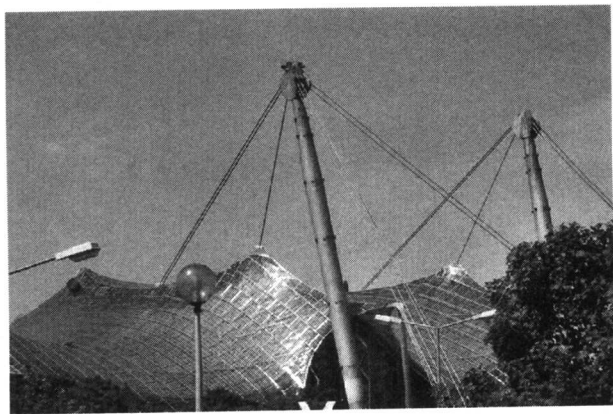


图 1-2 慕尼黑体育馆

因此, 结构与建筑之间的关系能够采用多种形式, 结构是建筑物的基本受力骨架, 一个优秀的建筑物是建筑师、结构工程师及众多设备工程师专业人员创造性合作的产物, 各专业的相互渗透、密切配合是十分必要的, 也是十分重要的。

第二节 建筑结构的分类

根据建筑结构采用的材料及受力特点, 可从组成的材料、结构体系及建筑物层数等几方面进行分类, 现分述如下:

一、按材料分类

根据建筑结构所采用的材料, 其可分为:

1. 混凝土结构

混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构。素混凝土结构是由混凝土组合, 由于未配置钢筋, 因此其抗拉性能很差, 它主要用于基础垫层等以受压为主的结构中。钢筋混凝土结构是将钢筋和混凝土有机合理地组合在一起的结构, 钢筋放置在受拉边, 以提高混凝土抗拉能力, 混凝土则主要承受压力。钢筋混凝土结构是应用最广泛的结构, 它具有就地取材、耐火性好、可模性好及整体性好等优点。其缺点是自重较大, 抗裂性能较差。预应力混凝土结构是针对钢筋混凝土结构抗裂性能差的缺点, 在构件受拉区预先施加压应力而形成的结构, 它适用于跨度较大的梁板等结构。

2. 砌体结构

由砖砌体、石砌体或砌块砌体用砂浆砌筑而建造的结构, 称为砌体结构。

砌体材料, 如黏土、砂和石是天然材料, 分布广, 容易就地取材, 且价格便宜。此外砌体还具有良好的耐火性和较好的耐久性能, 使用期限较长。砌体中尤其是砌体结构的保温、隔热性能好, 节能效果明显。并且砌体结构施工设备和方法较简单, 能较好地连续施工。砌体结构的缺点是自重大, 强度较低, 抗震性能差, 因而砌体结构的应用受到限制。

3. 钢结构

以钢材为主要承重骨架而制作的结构称为钢结构。

钢材的抗拉及抗压、抗剪强度相对来说比较高, 钢结构构件截面尺寸小, 自重轻, 因而其运输及吊装费用少, 基础负载也相对减少, 降低了基础造价。此外, 钢结构材料均匀, 具有良好的延性, 抗震性能好, 尤其在高烈度地震区, 使用钢结构更为有利。钢结构的缺点是容易生锈, 耐火性较差, 且价格较昂贵。

4. 组合结构

组合结构是指钢与混凝土共同承受荷载的结构, 按其组成方式可分为钢骨混凝土结构和混合结构。所谓钢骨混凝土结构是指将型钢(工字钢、角钢或槽钢)配置在钢筋混凝土的梁柱中而形成的结构, 混合结构是指在结构中一部分结构为钢筋混凝土结构, 而另一部分为钢结构的体系。

各种结构各有其特点, 表 1-1 为国内外高层建筑的技术指标统计。表 1-2 为各种结构的参数分析对比。



国内外高层建筑的技术经济指标

表 1-1

	钢结构	钢混结构	钢筋混凝土结构		钢结构	钢混结构	钢筋混凝土结构
自重	1	1.22	1.72	施工期	1	1.33	1.6
结构面积	0.28	0.37	1	耗钢量	1.45	1.23	1

由上表可知, 钢结构在自重、施工周期及构件尺寸等方面具有较明显的优势, 钢混结构介于钢结构与钢筋混凝土结构之间。

我国几栋高层建筑施工工期的比较

表 1-2

工程名称	层数(地上/地下)	总建筑面积(m ²)	结构形式	施工周期(月)
上海瑞金大厦	29/1	36167	S	20
北京香格里拉饭店	26/2	56710	SRC	24
上海静安—希尔顿酒店	43/1	52000	S	30
北京长富宫中心	25/3	50516	S	30
北京国际饭店	27/3	97000	RC	43
北京国际大厦	29/3	47700	RC	36

注: S—钢结构, SRC—钢骨混凝土结构, RC—钢筋混凝土结构

二、按结构体系分类

按结构的受力特点, 建筑结构从体系上可分为以下几种主要类型:

1. 混合结构

指楼、屋盖一般采用钢筋混凝土结构构件, 墙体及基础采用砌体结构而形成的结构。主要用于量大面广的多层住宅楼中(图 1-3)。

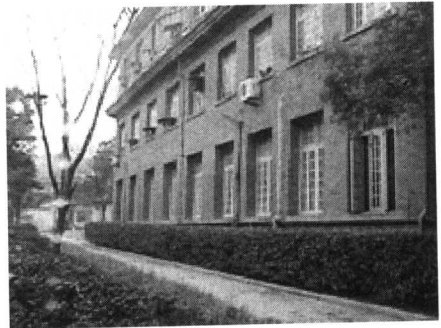


图 1-3 混合结构房屋

2. 排架结构

排架结构由屋面梁或屋架、柱和基础组成, 主要用于单层工业厂房中, 其屋架与柱顶为铰接, 柱与基础顶面为固接(图 1-4)。

3. 框架结构

采用梁、柱等杆件刚接组成空间体系作为建筑物承重骨架的结构称为框架结构。它的特点是承受竖向荷载的能力较强, 承受水平荷载

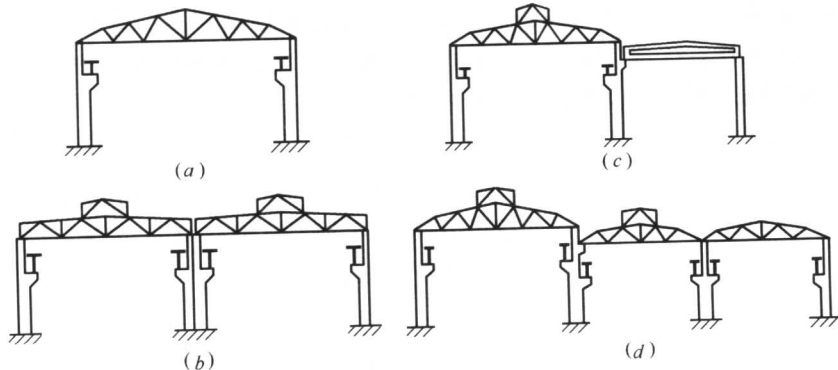


图 1-4 排架结构

(如风荷载、地震作用)的能力较弱。框架结构的侧向刚度较小,属柔性体系,因而其高度受到限制。目前,在多层工业厂房、仓库以及需要较大空间的商店、旅馆、办公楼以及建筑组合较复杂的多层住宅中,一般都采用框架结构体系(图 1-5)。

4. 剪力墙结构

利用墙体构成的承受水平作用和竖向作用的结构称为剪力墙结构。它的特点是比框架结构具有更强的侧向和竖向刚度,抵抗水平作用的能力强。缺点是如果采用纯剪力墙结构,则平面布置和空间布置都受到一定的局限。广州的白云宾馆是我国第一座超过 100m 的钢筋混凝土剪力墙结构(图 1-6)。

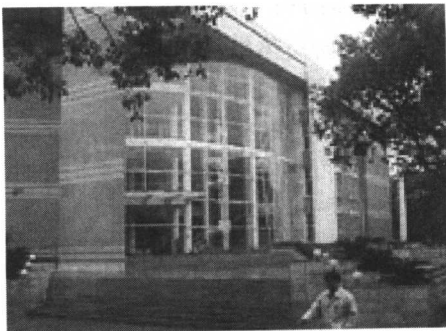


图 1-5 框架结构

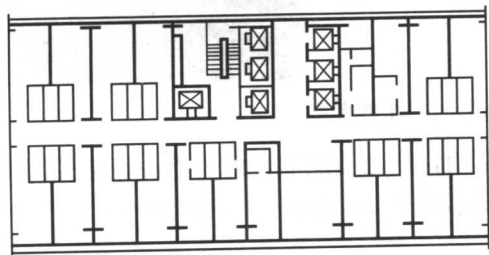
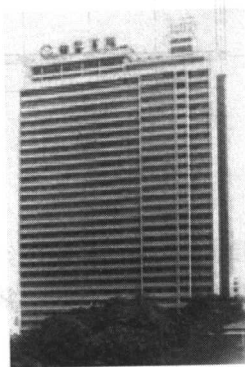


图 1-6 广州白云宾馆



5. 框架—剪力墙结构

在框架结构中适当布置一定数量的剪力墙构成以框架和剪力墙共同承受水平和竖向荷载作用的结构称为框架剪力墙结构。由于在结构中有框架,故空间布置较为灵活,且易形成较大的空间,同时由于剪力墙的存在,使结构具有较大的抗侧刚度。因此,目前在多高层建筑中,这种结构体系应用最为广泛。广州的中天广场大厦即为框架—剪力墙体系(图 1-7)。

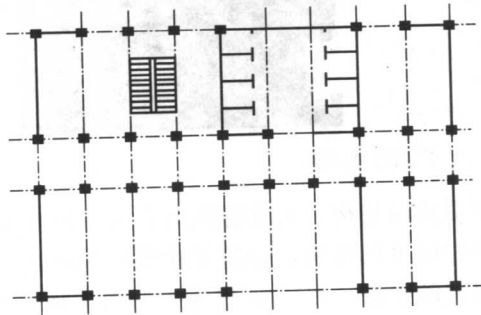
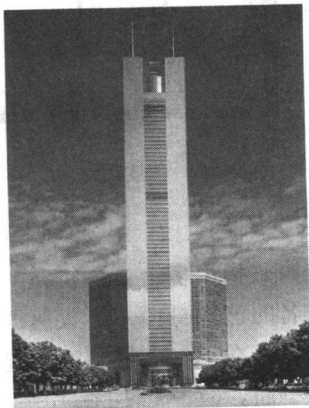


图 1-7 广州中天广场



6. 筒体结构

利用竖向筒体组成的承受水平和竖向作用的高层建筑结构为筒体结构。由于筒体的布置及组成方式不同,筒体结构又可分为框筒结构、筒中筒结构和束筒结构。

框筒结构是指筒体位于结构核心部位,周边由间距很密的柱和截面很高的梁组成的密柱深梁框架而形成的结构。深圳的华联大厦即为框筒体系(图 1-8)。

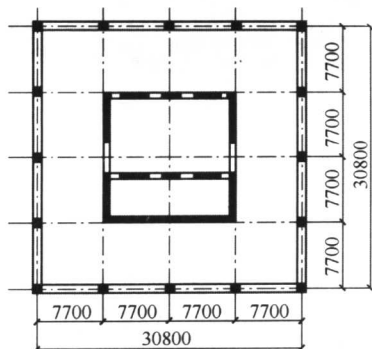


图 1-8 华联大厦

筒中筒结构是由内外筒体组成的结构,通常情况下,内筒为剪力墙的薄壁筒,外筒为密柱组成的框筒,所谓密柱,常指间距不大于 3m 的柱。广州国际大酒店即为筒中筒结构(图 1-9)。

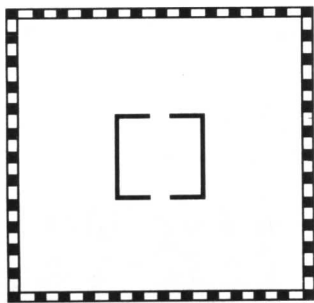


图 1-9 广州国际大酒店

束筒结构是指由多个筒体拼在一起而形成的结构,它具有竖向和水平刚度都很大的优点。世界著名的芝加哥西尔斯大厦即为典型的束筒结构,它随着建筑物的增高,束筒数量在不断的变化,在 1~50 层为 9 个筒体组成的平面,51~66 层在一对角上切二个角,为 7 个筒体组成的平面,67~90 层在另一对角上又切二个角,由 5 个筒体组成对称平面,91 层以上再切 3 个单筒(图 1-10)。

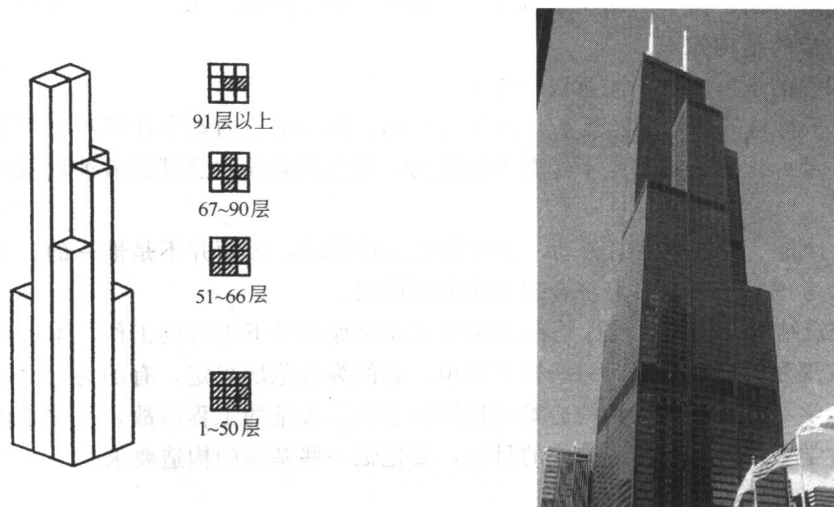


图 1-10 芝加哥西尔斯大厦

三、按建筑物层数分类

按建筑物的层数，建筑物可分为以下几类。

1. 高层建筑

按《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2002，将 10 层及以上或高度超过 28m 的混凝土结构定义为高层建筑，《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045—1995 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—1998 中规定 10 层及以上的居住建筑或 24m 以上的其他民用建筑称为高层建筑。考虑到消防、结构设计等方面原因，我们将 40 层及以上或超过 100m 的建筑称为超高层建筑。深圳的地王大厦即为超高层建筑，它总高 384m(图 1-11)。

2. 多层建筑

把层数在 4~9 层的建筑称为多层建筑。

3. 低层建筑

把 1~3 层的建筑称为低层建筑。

随着我国房地产业的兴旺发展，有人也将 12 层左右的高层建筑称为小高层建筑，以区别多层和真正的高层建筑。

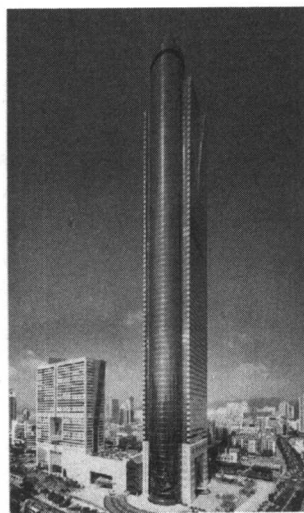


图 1-11 深圳地王大厦

第三节 本课程的任务

建筑结构课程主要介绍建筑材料的力学性能、结构设计方法、钢筋混凝土结构构件的设计计算，砌体结构的设计计算、钢结构构件和连接的设计计算，并对多高层房屋结构和抗震设计基本知识进行介绍。通过本课程的学习，使建筑专业学生在建筑设计中能具备结构总体知识，对所设计建筑的结构体系、结构布置及结构形成有一定了解，并在建筑设计

的基础上能对常用、简单的结构进行计算。此外，对于功能复杂，技术先进的大型建筑设计也具有初步的结构知识。

在本课程的学习中，须注意以下特点：

(1) 由于材料的力学性能复杂，混凝土结构、砌体结构的基本计算理论都基于一定的试验，有一部分计算公式都是半经验半理论的，对它们必须注意其试验前提及简化模型的适用条件。

(2) 设计是一种创造性的劳动，其解答是多样性的，因而并不是惟一的。在决策过程中，要综合考虑安全适用、经济合理等多方面因素。

(3) 建筑结构及构件的设计是在国家规范或规程指导下进行的工作，本书所介绍的公式是规范或规程所规定的，而一些构造知识，有的为规范所规定，有的为行之有效的工程经验总结。学习时要克服感觉构造繁琐枯燥的毛病。大量的工程事故，往往是由于构造不当酿成的。学习中应明确构造措施的目的，要记忆一些基本的构造要求。



第二章 建筑结构设计基本原理

第一节 结构上的荷载

一、结构的作用、作用效应、抗力及其随机性

1. 作用

作用是指施加在结构上的集中或分布荷载以及引起结构外加变形或约束变形因素的总称。习惯上，我们将前者称为直接作用，即通常所说的荷载，如结构自重、楼面人群、屋面的雪荷载以及墙面的风荷载等。而将引起结构外加变形或约束变形的原因称为间接作用，如地震、地基沉降、混凝土收缩及温度等因素。

2. 作用效应

由作用引起的结构或构件的反应称为作用效应。如对钢筋混凝土结构而言，结构上的作用使结构产生内力与变形，还可能使之出现裂缝，这些都是作用效应，是作用在结构上的反应。对一计算跨度为 l_0 、截面刚度为 B 、承受匀布荷载作用 q 的简支梁，其支座反力为 $V = \frac{1}{2}ql_0$ ，跨中弯矩为 $\frac{1}{8}ql_0^2$ ，跨中挠度为 $5ql_0^3/384B$ ，这些就是作用效应。

3. 结构抗力

结构或结构构件承受作用效应的能力称为结构抗力。

作用、作用效应及结构抗力均具有随机性质。楼面上的人群荷载，屋面上的雪荷载以及工业厂房中的吊车荷载等，都是可移动的，且其数值可能较大，也可能较小，具有随机性质。即使结构自重，由于所用材料的不同，或在制作过程中出现的不可避免的尺寸误差，其重量也不可能与设计值完全相等。地震、地基沉降及温差等间接作用也具有随机性质。

作用效应是结构上作用效果的反应，既然结构上的作用是随机的，作用效应也就具有随机性质。

影响结构抗力的主要因素是材料性能和构件的几何尺寸及计算的精确性等。由于材质及生产工艺等因素的影响，构件的制作误差及施工安装误差等的存在，构件几何参数和强度、变形也将存在差别，加之计算公式的不精确和理论上的假定，这些都导致结构抗力具有随机的性质。

二、荷载的代表值及标准值

(一) 荷载的分类

荷载可以按照不同的原则分类，它们适用于不同的场合。

1. 按时间的变异分类

按时间的变异情况，可以将荷载分为：

(1) 永久荷载：结构上的荷载是随时间而变化的。设计结构时，必须相对固定一个时

