

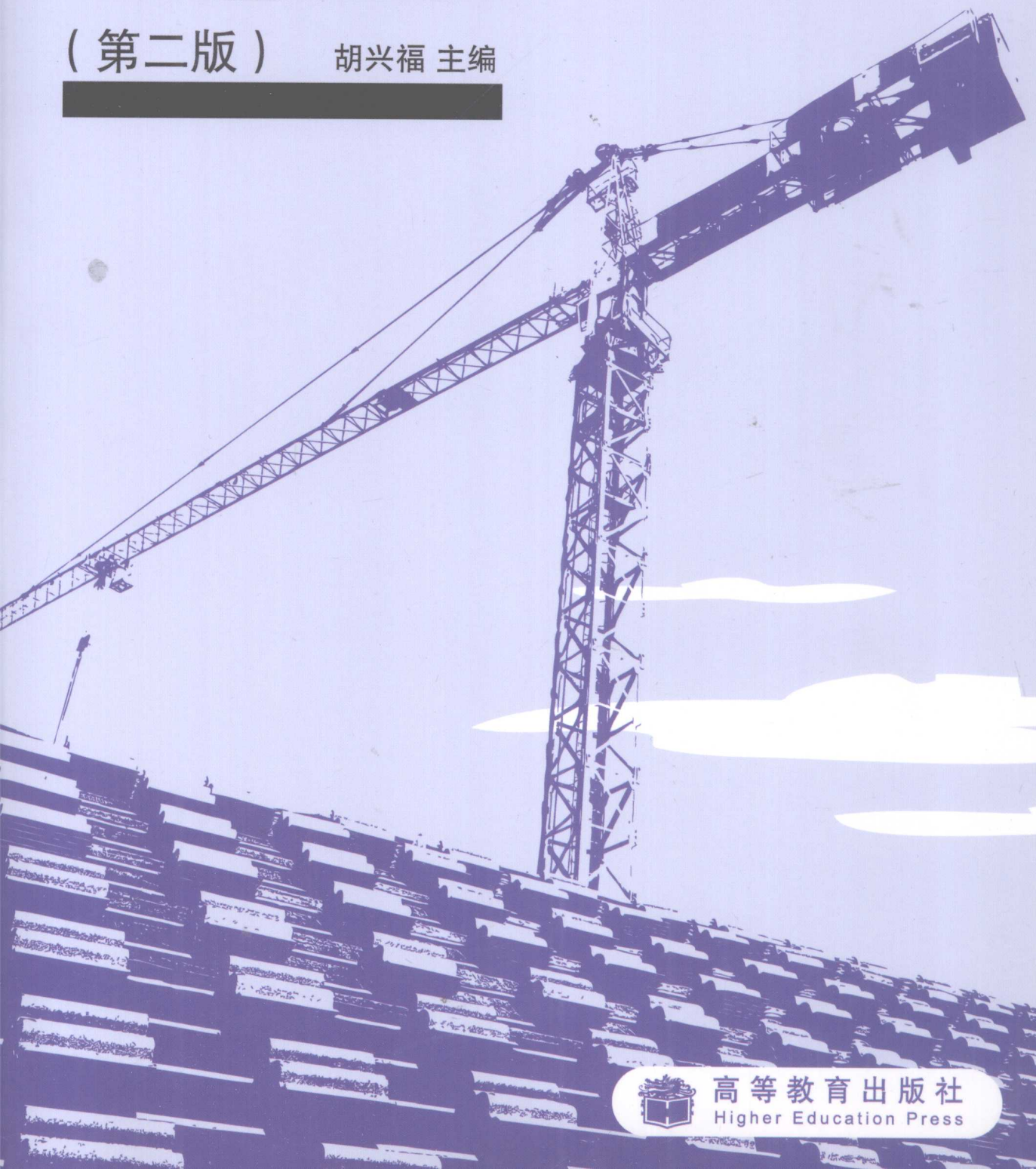


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑结构

(第二版)

胡兴福 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建 筑 结 构

（第二版）

胡兴福 主 编

高等教育出版社

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是根据高职高专建筑工程技术专业、工程监理专业的培养目标在建筑结构课程中所体现的知识和能力要求编写而成的,是第二版。内容包括:绪论、建筑结构计算基本原则、建筑结构材料、钢筋混凝土受弯构件、钢筋混凝土受压构件、钢筋混凝土受扭构件、预应力混凝土构件、钢筋混凝土楼(屋)盖、多层及高层钢筋混凝土房屋、钢筋混凝土结构单层厂房、砌体结构、钢结构、建筑结构抗震基本知识、结构施工图。章后都附有思考题和(或)习题。

本书主要用作高职高专建筑工程技术专业 and 工程监理专业教材,也可作为其他专业的参考书或相关工程技术人员职业培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构/胡兴福主编. —2版. —北京:高等教育出版社, 2008. 11

ISBN 978 - 7 - 04 - 024827 - 2

I. 建... II. 胡... 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(2008)第 147948 号

策划编辑 张骁军 责任编辑 张玉海 封面设计 张志奇
版式设计 马敬茹 责任校对 朱惠芳 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京新华印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 25.25
字 数 620 000
插 页 3

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004 年 12 月第 1 版
2008 年 11 月第 2 版
印 次 2008 年 11 月第 1 次印刷
定 价 32.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24827 - 00

第二版前言

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是在2005年1月第一版的基础上修订而成的。其内容符合高职高专建筑工程技术、工程监理等专业的要求。

本书保持了第一版的三大特色，即：

- (1) 紧扣专业培养目标，注重能力的培养，注重结构知识在施工中的应用；
- (2) 充分体现“必需、够用”的原则；
- (3) 注重学生“规范意识”的培养。

在上述基础上，做了以下三方面的改进：

(1) 根据专业培养目标和各校教学实际需要，减少或删除了钢筋混凝土受拉构件、钢筋混凝土受扭构件、钢筋混凝土楼梯、砌体结构房屋、钢结构连接、钢结构构件的设计计算内容，删除了第一版中的施工应用举例；

(2) 在第一版介绍混凝土梁、柱、剪力墙、楼梯平法施工图的基础上，增加了筏形基础、现浇楼(屋)面板平法施工图；

(3) 四川建筑职业技术学院建筑结构课程于2006年被评为国家精品课程，其课程网站(网址：<http://www.scac.edu.cn/course/openkc/06jzjg/>)建立了丰富的、开放式的助学、助教资源。

本书由四川建筑职业技术学院胡兴福教授、夏建中副教授、林兴萍讲师及山西建筑职业技术学院李耐副教授修订，胡兴福任主编，夏建中任副主编。绪论、第1~6章、第8章、附录由胡兴福编写，第7章、第11章由夏建中编写，第10章由林兴萍编写，第9章、第12章由李耐编写，第13章由李耐、胡兴福编写。

北京建筑工程学院房志勇教授和浙江建设职业技术学院丁天庭副教授审阅了本书，并提出了不少建设性意见，编者谨此表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中疏漏难免，恳请读者批评指正。

编者

2008年7月

第一版前言

本书根据高职高专建筑工程技术专业的培养目标在建筑结构课程中所体现的知识和能力要求及有关的最新标准、规范和规程编写而成,是有关学校多年的教学改革成果和编者长期教学实践经验的结晶,具有以下三方面的显著特色:

一是紧扣专业培养目标,注重能力的培养,注重结构知识在施工中的应用。书中在介绍建筑结构核心内容的同时还编写了结构施工图一章,并以施工应用举例的形式介绍建筑施工中常见的结构计算问题(以楷体字排印),如钢筋代换、预制构件施工阶段验算、钢模板和钢脚手架的计算以及施工图翻样等。

二是充分体现了“必需、够用”的原则。全书以结构基本概念和结构构造为重点,注重结构构件的受力特点分析,取消或弱化结构设计和公式推导等传统内容。

三是注重学生“规范意识”的培养,本书涉及的规范强制性条文采用黑体字排印。

本书内容兼顾了不同学校的需要,部分内容(章节标题前注*和**部分)可视各学校情况选学。

本书由四川建筑职业技术学院胡兴福、夏建中、林兴萍和山西建筑职业技术学院李耐编写。胡兴福任主编,并编写绪论、第1~6章、第8章及附录;夏建中任副主编,并编写第7章、第11章;林兴萍编写第10章;李耐编写第9章、第12章、第13章。

浙江建设职业技术学院丁天庭担任本书主审。他对本书进行了认真细致的审阅,并提出了不少建设性意见,对保证本书质量大有裨益,编者谨此表示衷心感谢。

本书的编写是教材建设的一次改革性的尝试,限于编者水平,书中错漏难免,恳请读者指正。

编者

2004年8月

目 录

0 绪论	1	计算简介	109
0.1 建筑结构的概念	1	思考题	112
0.2 建筑结构的发展与应用状况	3	6 预应力混凝土构件	113
0.3 本课程的内容、学习目标及学习要求	6	6.1 预应力混凝土的基本概念	113
思考题	7	6.2 张拉控制应力与预应力损失	117
1 建筑结构计算基本原则	8	6.3 预应力混凝土构件的构造要求	119
1.1 荷载分类及荷载代表值	8	思考题	122
1.2 建筑结构概率极限状态设计法	11	7 钢筋混凝土楼(屋)盖	123
思考题	17	7.1 现浇钢筋混凝土肋形楼(屋)盖	124
习题	18	7.2 装配式楼盖	151
2 建筑结构材料	19	7.3 钢筋混凝土楼梯	154
2.1 建筑钢材	19	思考题	157
2.2 混凝土	30	习题	159
2.3 砌体材料	34	8 多层及高层钢筋混凝土房屋	160
思考题	43	8.1 常用结构体系	160
3 钢筋混凝土受弯构件	44	8.2 框架结构	163
3.1 构造要求	44	8.3 剪力墙结构	173
3.2 正截面承载力计算	53	8.4 框架-剪力墙结构	179
3.3 斜截面承载力计算	67	思考题	180
3.4 变形及裂缝宽度验算	78	9 钢筋混凝土结构单层厂房	181
思考题	85	9.1 单层厂房的结构组成及受力特点	181
习题	86	9.2 单层厂房的结构布置	184
4 钢筋混凝土受压构件	88	9.3 主要构件的类型及其与柱的连接	188
4.1 构造要求	88	9.4 排架柱	194
4.2 轴心受压构件承载力计算	91	思考题	195
4.3 偏心受压构件承载力计算	96	10 砌体结构	196
思考题	164	10.1 砌体结构构件计算	196
习题	104	10.2 砌体房屋构造要求	211
5 钢筋混凝土受扭构件	105	10.3 过梁、墙梁、挑梁、雨篷	216
5.1 受力特点与配筋构造	105	思考题	223
5.2 钢筋混凝土受扭构件承载力		习题	223

11 钢结构	225	13.2 钢筋混凝土房屋结构施工图	332
11.1 钢结构的连接	225	13.3 砌体房屋结构施工图	350
11.2 钢结构构件计算	251	13.4 钢屋盖施工图	352
11.3 钢屋盖	278	思考题	357
思考题	295	附录	358
习题	295	附录 1 各种直径钢筋的公称截面面积、 计算截面面积及理论质量	358
12 建筑结构抗震基本知识	298	附录 2 常用型钢表	361
12.1 地震基本知识	298	附录 3 等截面、等跨连续梁在常用荷载 作用下的内力系数表	376
12.2 多层及高层钢筋混凝土房屋的 抗震措施	305	附录 4 承受均布荷载时双向板按弹性理论 计算系数表	386
12.3 多层砌体房屋和底层框架房屋的 抗震措施	317	附录 5 轴心受压构件的稳定系数 φ	390
思考题	325	参考文献	393
13 结构施工图	326		
13.1 概述	326		

0 绪 论

0.1 建筑结构的概念

建筑是供人们生产、生活和进行其他活动的房屋或场所。各类建筑都离不开梁、板、墙、柱、基础等构件，它们相互连接形成建筑的骨架。建筑中由若干构件连接而成的能承受作用的平面或空间体系称为建筑结构，在不致混淆时可简称结构。这里所说的“作用”，是指能使结构或构件产生效应（内力、变形、裂缝等）的各种原因的总称。作用可分为直接作用和间接作用。直接作用即习惯上所说的荷载，是指施加在结构上的集中力或分布力系，如结构自重、家具及人群荷载、风荷载等。间接作用是指引起结构外加变形或约束变形的原因，如地震、基础沉降、温度变化等。

建筑结构由水平构件、竖向构件和基础组成。水平构件包括梁、板等，用以承受竖向荷载；竖向构件包括柱、墙等，其作用是支承水平构件或承受水平荷载；基础的作用是将建筑物承受的荷载传至地基。

建筑结构有多种分类方法。按照承重结构所用的材料不同，建筑结构可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构和混合结构五种类型。

1. 混凝土结构

混凝土结构是钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和素混凝土结构的总称。

素混凝土结构是指由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构，在建筑工程中一般只用作基础垫层或室外地坪。

钢筋混凝土结构是指由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构。

由于混凝土的抗拉强度和抗拉极限应变很小，钢筋混凝土结构在正常使用荷载下一般是带裂缝工作的，这是钢筋混凝土结构最主要的缺点。为了克服这一缺点，可在结构承受荷载之前，在使用荷载作用下可能开裂的部位，预先人为地施加压应力，以抵消或减少外荷载产生的拉应力，从而达到使构件在正常的使用荷载下不开裂或延迟开裂、减小裂缝宽度的目的。这种结构称为预应力混凝土结构。

钢筋混凝土结构是混凝土结构中应用最多的一种，也是应用最广泛的建筑结构形式之一。它不但被广泛应用于多层与高层住宅、宾馆、写字楼以及单层与多层工业厂房等工业与民用建筑中，而且水塔、烟囱、核反应堆等特种结构也多采用钢筋混凝土结构。钢筋混凝土结构之所以应用如此广泛，主要是因为它具有如下优点：

(1) 就地取材。钢筋混凝土的主要材料是砂、石，水泥和钢筋所占比例较小。砂和石一般都可由建筑工地附近提供，水泥和钢材的产地在我国分布也较广。

(2) 耐久性好。钢筋混凝土结构中, 钢筋被混凝土紧紧包裹而不致锈蚀, 即使在侵蚀性介质条件下, 也可采用特殊工艺制成耐腐蚀的混凝土, 从而保证了结构的耐久性。

(3) 整体性好。钢筋混凝土结构特别是现浇结构有很好的整体性, 这对于地震区的建筑物有重要意义, 另外对抵抗暴风及爆炸和冲击荷载也有较强的能力。

(4) 可模性好。新拌和的混凝土是可塑的, 可根据工程需要制成各种形状的构件, 这给合理选择结构形式及构件断面提供了方便。

(5) 耐火性好。混凝土是不良传热体, 钢筋又有足够的保护层, 火灾发生时钢筋不致很快达到软化温度而造成结构瞬间破坏。

钢筋混凝土也有一些缺点, 主要是自重大, 抗裂性能差, 现浇结构模板用量大、工期长, 等等。但随着科学技术的不断发展, 这些缺点可以逐渐克服。例如, 采用轻质、高强的混凝土, 可克服自重大的缺点; 采用预应力混凝土, 可克服容易开裂的缺点; 掺入纤维制成纤维混凝土可克服混凝土的脆性; 采用预制构件, 可减小模板用量, 缩短工期。

应当注意的是, 钢筋和混凝土是两种物理力学性质不同的材料, 在钢筋混凝土结构中之所以能够共同工作, 是因为:

(1) 钢筋表面与混凝土之间存在粘结作用。这种粘结作用由三部分组成: 一是混凝土结硬时体积收缩, 将钢筋紧紧握住而产生的摩擦力; 二是由于钢筋表面凹凸不平而产生的机械咬合力; 三是混凝土与钢筋接触表面间的胶结力。其中机械咬合力约占 50%。

(2) 钢筋和混凝土的温度线膨胀系数几乎相同(钢筋为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, 混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$), 在温度变化时, 二者的变形基本相等, 不致破坏钢筋混凝土结构的整体性。

(3) 钢筋被混凝土包裹着, 从而使钢筋不会因大气的侵蚀而生锈变质。

上述三个原因中, 钢筋表面与混凝土之间存在粘结作用是最主要的原因。因此, 钢筋混凝土构件配筋的基本要求, 就是要保证二者共同受力, 共同变形。

2. 砌体结构

由块体(砖、石材、砌块)和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构称为砌体结构, 它是砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构的统称。

砌体结构主要有以下优点:

(1) 取材方便, 造价低廉。砌体结构所需用的原材料如粘土、砂子、天然石材等几乎到处都有, 因而比钢筋混凝土结构更经济, 并能节约水泥、钢材和木材。砌块还可节约土地, 有利于建筑向绿色建筑、环保建筑方向发展。

(2) 具有良好的耐火性及耐久性。一般情况下, 砌体能耐受 400°C 的高温。砌体耐腐蚀性能良好, 完全能满足预期的耐久年限要求。

(3) 具有良好的保温、隔热、隔声性能, 节能效果好。

(4) 施工简单, 技术容易掌握和普及, 也不需要特殊的设备。

砌体结构的主要缺点是自重大, 强度低, 整体性差, 砌筑劳动强度大。

砌体结构在多层建筑中应用非常广泛, 特别是在多层民用建筑中, 砌体结构占绝大多数。目前, 高层砌体结构也开始应用, 最大建筑高度已达 10 余层。

3. 钢结构

钢结构是指以钢材为主制作的结构。

钢结构具有以下主要优点：

- (1) 材料强度高，自重轻，塑性和韧性好，材质均匀。
- (2) 便于工厂生产和机械化施工，便于拆卸，施工工期短。
- (3) 具有优越的抗震性能。
- (4) 无污染、可再生、节能、安全，符合建筑可持续发展的原则。

但钢结构易腐蚀，需经常油漆维护，故维护费用较高。钢结构的耐火性差，当温度达到 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，钢结构的材质将会发生较大变化；当温度达到 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，结构会瞬间崩溃，完全丧失承载能力。

钢结构的应用正日益增多，尤其是应用在高层建筑及大跨度结构（如屋架、网架、悬索等结构）中。

4. 木结构

木结构是指全部或大部分用木材制作的结构。这种结构易于就地取材，制作简单，但易燃、易腐蚀、变形大，并且木材使用受到国家严格限制，因此已很少采用。

5. 混合结构

由两种及两种以上材料为主制作的结构称为混合结构。

混合结构包含的内容较多。多层混合结构一般以砌体构件为竖向承重构件（如墙、柱等），而水平承重构件（如梁、板等）多采用钢筋混凝土构件，有时采用钢木结构。其中以砖砌体构件为竖向承重构件、钢筋混凝土构件为水平承重构件的结构体系称为砖混结构。高层混合结构一般是钢-混凝土混合结构，即由钢框架或劲性钢筋混凝土框架与钢筋混凝土筒体所组成的共同承受竖向和水平作用的结构。

钢-混凝土混合结构体系是近年来在我国迅速发展的一种结构体系。它不仅具有钢结构建筑自重轻、截面尺寸小、施工进度快、抗震性能好的特点，还兼有钢筋混凝土结构刚度大、防火性能好、成本低的优点，因而被认为是一种符合我国国情的较好的高层建筑结构形式。我国大陆已经建成的最高的钢-混凝土混合结构高层建筑上海环球金融中心（图 0.1.1）为 101 层、高 492 m。

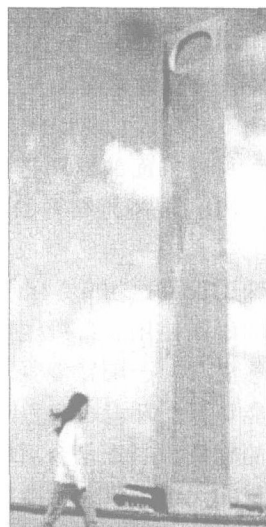


图 0.1.1 上海环球金融中心效果图

0.2 建筑结构的发展与应用状况

建筑结构有着悠久的历史。我国黄河流域的仰韶文化遗址就发现了公元前 5000 年—公元前 3000 年的房屋结构痕迹。埃及的金字塔（建于公元前 2700 年—公元前 2600 年）、我国的万里长城都是结构发展史上的辉煌之作。

砌体结构是最古老的结构形式。在我国，砖石结构已有 5000 多年历史，在 3000 多年前的西周时期已开始生产和使用烧结砖；在秦、汉时期，砖瓦已广泛应用于房屋结构。目前，高层

砌体结构已开始应用,我国已建成 12 层的砌体结构房屋。

17 世纪开始使用生铁,19 世纪初开始使用熟铁建造桥梁和房屋。自 19 世纪中叶开始,钢结构得到了蓬勃发展。钢结构应用于高层建筑,始于美国芝加哥家庭保险大楼,铸铁框架,高 11 层,1883 年建成。目前,世界上最高的钢结构房屋——马来西亚吉隆坡石油大厦的高度达 450 m。

现代混凝土结构是随着水泥和钢铁工业的发展而发展起来的,至今仅有约 150 年的历史。1824 年,英国泥瓦工约瑟夫·阿斯普丁(Joseph Aspadin)发明了波兰特水泥并获得专利,随后混凝土问世。1850 年,法国人郎波特(L. Lambot)制成了铁丝网水泥砂浆的小船。1861 年,法国人莫尼埃(Joseph Monier)获得了制造钢筋混凝土构件的专利。20 世纪 30 年代预应力混凝土结构的出现,是混凝土结构发展的一次飞跃,它使混凝土结构的性能得以改善,应用范围大大扩展。目前,世界上最高的钢筋混凝土结构房屋为朝鲜平壤柳京饭店,高度达 305.4 m。

建筑结构虽然已经历了漫长的发展过程,但至今仍生机勃勃,不断发展。特别是近年来,在设计理论、材料、结构等方面都得到了迅猛发展。

理论方面,目前有学者提出全过程可靠度理论,将可靠度理论应用到工程结构设计、施工与使用的全过程中,以保证结构的安全可靠。随着模糊数学的发展,模糊可靠度的概念正在建立。随着计算机的发展,工程结构计算正向精确化方向发展,结构的非线性分析是发展趋势;随着研究的不断深入、统计资料的不断积累,结构设计方法将会发展至全概率极限状态设计方法。

材料方面的发展趋势是:

(1) 混凝土结构的材料将向轻质、高强、新型、复合方向发展。目前,美国已制成 C200 的混凝土,我国已制成 C100 的混凝土。不久的将来,混凝土强度将普遍达到 100 N/mm^2 ^①,特殊工程可达 400 N/mm^2 。随着高强度钢筋、高强度高性能混凝土以及高性能外加剂和混合材料的研制使用,纤维混凝土和聚合物混凝土的研究和应用有了很大发展。此外,轻质混凝土、加气混凝土、陶粒混凝土以及利用工业废渣的“绿色混凝土”,不但改善了混凝土的性能,对节能和保护环境也有重要意义。轻质混凝土的强度目前一般只能达到 $5 \sim 20 \text{ N/mm}^2$,开发高强度的轻质混凝土是今后的方向。除此之外,防射线、耐磨、耐腐蚀、防渗透、保温等满足特殊需要的混凝土以及智能型混凝土及其结构也在研究中。

(2) 高强钢筋快速发展。现在强度达 $400 \sim 600 \text{ N/mm}^2$ 的高强钢筋已开始应用,今后将会出现强度超过 1000 N/mm^2 的钢筋。

(3) 砌体结构材料向轻质、高强的方向发展。途径之一是发展空心砖,国外空心砖的抗压强度普遍可达 $30 \sim 60 \text{ N/mm}^2$,甚至 100 N/mm^2 以上,孔洞率也达 40% 以上;在粘土内掺入可燃性植物纤维或塑料珠,煅烧后形成的气泡空心砖不仅自重轻,而且隔声、隔热性能好。砌体结构材料向高强、轻质发展的另一个途径是采用高强砂浆。

(4) 钢结构材料向高效能方向发展。除提高材料强度外,还应大力发展型钢。如 H 型钢可直接作梁和柱,采用高强螺栓连接,施工非常方便。作为一种新产品,压型钢板可直接作屋盖,也可在其上面浇一层混凝土作楼盖(图 0.2.1a)。作楼盖时压型钢板既是楼板的抗拉钢筋,

^① 在国家标准《力学的量和单位》(GB 3102.3—1993)中规定,强度和应力的单位为 Pa。考虑到工程需要和有关规范的实际情况,本书中的强度和应力单位未作统一,使用 MPa 或 N/mm^2 。

又是模板。

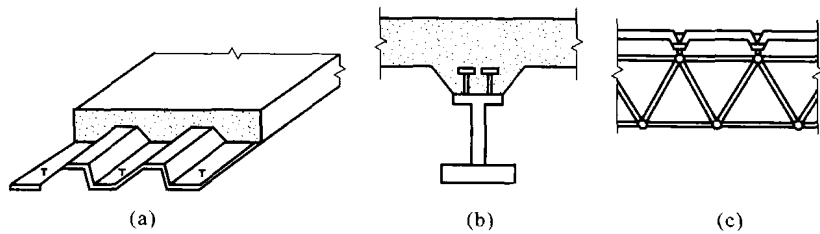


图 0.2.1 钢与混凝土组合式楼盖

(a) 压型钢板 - 混凝土楼板；(b) 钢梁 - 混凝土组合楼盖；(c) 网架楼盖

结构方面：一是大跨度结构向空间钢网架、悬索结构、薄壳结构方向发展。空间钢网架的最大跨度已超过 100 m。二是高层砌体结构已开始应用。为克服传统砌体结构体系水平承载力低的缺点，一个途径是使墙体只受垂直荷载，将所有的水平荷载由钢筋混凝土内核心筒承受，形成砖墙 - 筒体系；另一个途径就是对墙体施加预应力，形成预应力砖墙。三是组合结构成为结构发展的方向。目前劲性钢筋混凝土、钢管混凝土、压型钢板叠合梁等组合结构已广泛应用，在超高层建筑结构中还采用钢框架与内核心筒共同受力的组合结构体系，能充分利用材料优势。图 0.2.1 为钢与混凝土组合式楼盖示意。劲性钢筋混凝土结构又称型钢混凝土结构或钢骨混凝土结构，是指采用劲性钢筋(由各种型钢或型钢与钢筋焊成的骨架)作为配筋的钢筋混凝土结构。由于劲性钢筋本身刚度大，施工时模板及混凝土的重量可由劲性钢筋自身承担，可加速和简化支模工作。图 0.2.2 为劲性钢筋混凝土梁、柱截面示意图。

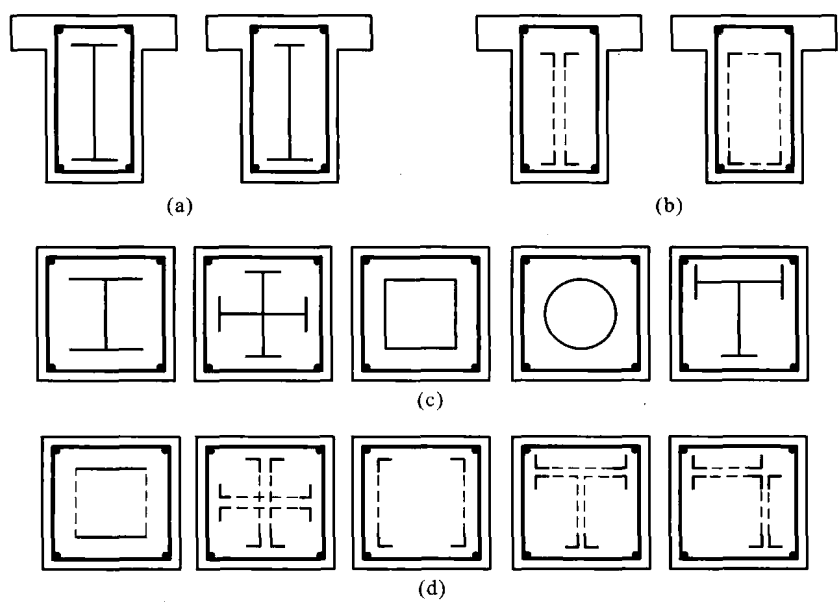


图 0.2.2 劲性钢筋混凝土梁、柱截面

(a) 实腹式型钢混凝土梁截面；(b) 空腹式型钢混凝土梁截面；
(c) 实腹式型钢混凝土柱截面；(d) 空腹式型钢混凝土柱截面

0.3 本课程的内容、学习目标及学习要求

建筑结构按内容的性质可分为结构基本构件和结构设计两大部分。根据受力与变形特点不同,结构基本构件可归纳为受弯构件、受拉构件、受压构件和受扭构件。本课程包括混凝土结构、砌体结构、钢结构、建筑结构抗震基本知识等内容。通过学习,应能了解建筑结构的设计方法,掌握钢筋混凝土结构、砌体结构和钢结构基本构件的计算方法,理解结构构件的构造要求,能正确识读建筑结构施工图,并能处理建筑施工中的一般结构问题。

本课程是建筑工程技术等专业的主干专业课。学习本课程,应注意以下几方面:

一是要理论联系实际。本课程的理论本身就来源于生产实践,它是前人大量工程实践的经验总结。因此,学习本课程时,应通过实习、参观等各种渠道向工程实践学习,并加强练习,进行课程设计等,真正做到理论联系实际。

二是要注意同力学课的联系和区别。本课程所研究的对象,除钢结构外都不符合匀质弹性材料的条件,因此力学公式多数不能直接应用,但从通过几何、物理和平衡关系来建立基本方程的角度来说,二者是相同的。所以,在应用力学原理和方法时,必须考虑材料的性能特点,切不可照搬照抄。

三是要注意培养自己综合分析问题的能力。结构问题的答案往往不是唯一的,即使是同一构件在给定荷载作用下,其截面形式、截面尺寸、配筋方式和数量都可以有多种答案。这时,往往需要综合考虑适用、材料、造价、施工等多方面的因素,才能做出合理选择。

四是要重视各种构造措施。现行结构实用计算方法一般只考虑了荷载作用,其他影响,如混凝土收缩、温度影响及地基不均匀沉降等,难以用计算公式表达。有关规范根据长期工程实践的经验,总结出了一些构造措施来考虑这些因素的影响。所谓构造措施,就是对结构计算中未能详细考虑或难以定量计算的因素所采取的技术措施,它与结构计算是结构设计中相辅相成的两个方面。因此,学习时不但要重视各种计算,还要重视构造措施,设计时必须满足各项构造要求。但除常识性构造规定外,不能死记硬背,而应该着眼于理解。

五是要注意学习有关标准、规范、规程。结构设计标准、规范、规程是国家颁布的关于结构设计计算和构造要求的技术规定和标准,设计、施工等工程技术人员都应遵循。我国标准、规范、规程有以下四种不同情况:一是强制性条文(本书用黑体字排印),虽是技术标准中的技术要求,但已具有某些法律性质(将来可能会演变成“建筑法规”),一旦违反,不论是否引起事故,都将被严厉惩罚,故必须严格执行;二是要严格遵守的条文,规范中正面词用“必须”,反面词用“严禁”,表示非这样做不可,但不具有强制性;三是应该遵守的条文,规范中正面词用“应”,反面词用“不应”或“不得”,表示在正常情况下均应这样做;四是允许稍有选择或允许有选择的条文,表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做,正面词用“宜”,反面词用“不宜”;表示有选择,在一定条件可以这样做的,采用“可”表示。熟悉并学会应用有关标准、规范、规程是学习本课程的重要任务之一。因此,学习中应自觉结合课程内容学习,以达到逐步熟悉并正确应用之目的。

思 考 题

- 0.1 什么是建筑结构？按照所用材料的不同，建筑结构可以分为哪几类，各有何特点？
- 0.2 什么是建筑结构上的作用？“作用”与“荷载”的关系是什么？

1 建筑结构计算基本原则

1.1 荷载分类及荷载代表值

绪论中已述及，结构上的作用可分为直接作用和间接作用，其中直接作用即习惯上所说的荷载，它是指施加在结构上的集中力或分布力系。

1.1.1 荷载分类

按随时间的变异，结构上的荷载可分为以下三类：

1. 永久荷载

永久荷载亦称恒荷载，是指在结构使用期间，其值不随时间变化，或者其变化与平均值相比可忽略不计的荷载，如结构自重、土压力、预应力等。

2. 可变荷载

可变荷载也称为活荷载，是指在结构使用期间，其值随时间变化，且其变化值与平均值相比不可忽略的荷载，如楼面活荷载、屋面活荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载等。

3. 偶然荷载

在结构使用期间不一定出现，而一旦出现，其量值很大且持续时间很短的荷载称为偶然荷载，如爆炸力、撞击力等。

1.1.2 荷载代表值

荷载是随机变量，任何一种荷载的大小都有一定的变异性。因此，结构设计时，对于不同的荷载和不同的设计情况，应赋予荷载不同的量值，该量值即荷载代表值。《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001,以下简称《荷载规范》)规定，对永久荷载应采用标准值作为代表值；对可变荷载应根据设计要求采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值；对偶然荷载应按建筑结构使用的特点确定其代表值。本书仅介绍永久荷载和可变荷载的代表值。

1. 荷载标准值

作用于结构上荷载的大小具有变异性。例如，对于结构自重等永久荷载，虽可事先根据结构的设计尺寸和材料单位重量计算出来，但由于施工时的尺寸偏差、材料单位重量的变异性等原因，致使结构的实际自重并不完全与计算结果相吻合。至于可变荷载的大小，其不定因素则更多。荷载标准值就是结构在设计基准期内具有一定概率的最大荷载值，它是荷载的基本代表值。这里所说的设计基准期，是为确定可变荷载代表值而选定的时间参数，一般取为 50 年。

(1) 永久荷载标准值

永久荷载主要是结构自重及粉刷、装修、固定设备的重量。由于结构或非承重构件的自重的变异性不大，一般以其平均值作为荷载标准值，即可按结构构件的设计尺寸和材料或结构构

件单位体积(或面积)的自重标准值确定。对于自重变异性较大的材料,在设计中应根据其对结构有利或不利的情况,分别取其自重的下限值或上限值。

常用材料和构件的单位自重见《荷载规范》。现将几种常用材料单位体积的自重(单位为 kN/m^3)摘录如下:混凝土 22~24,钢筋混凝土 24~25,水泥砂浆 20,石灰砂浆、混合砂浆 17,普通砖 18,普通砖(机器制)19,浆砌普通砖砌体 18,浆砌机砖砌体 19。

例如,取钢筋混凝土单位体积自重标准值为 $25\text{ kN}/\text{m}^3$,则截面尺寸为 $200\text{ mm}\times 500\text{ mm}$ 的钢筋混凝土矩形截面梁的自重标准值为 $(0.2\times 0.5\times 25)\text{ kN}/\text{m}=2.5\text{ kN}/\text{m}$ 。

(2) 可变荷载标准值

民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和永久值系数应按表 1.1.1 采用。

表 1.1.1 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和永久值系数

项次	类 别	标准值/ ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$)	组合值 系数 ψ_c	频遇值 系数 ψ_f	准永久 值系数 ψ_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) 教室、实验室、阅览室、会议室、医院门诊室			0.6	0.5
2	食堂、办公楼中的一般资料档案室	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) 舞厅	4.0	0.7	0.6	0.3
6	(1) 书库、档案室、储藏室	5.0	0.9	0.9	0.8
	(2) 密集柜书库	12.0			
7	通风机房、电梯机房	7.0	0.9	0.9	0.8
8	汽车通道及停车库:				
	(1) 单向板楼盖(板跨不小于 2 m)				
	客车	4.0	0.7	0.7	0.6
	消防车	35.0	0.7	0.7	0.6
	(2) 双向板楼盖和无梁楼盖(柱网尺寸不小于 6 m×6 m)				
	客车	2.5	0.7	0.7	0.6
9	厨房:				
	(1) 一般的	2.0	0.7	0.6	0.5
	(2) 餐厅	4.0	0.7	0.7	0.7

续表

项次	类 别	标准值/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)	组合值 系数 ψ_c	频遇值 系数 ψ_f	准永久 值系数 ψ_q
10	浴室、厕所、盥洗室：				
	(1) 第 1 项中的民用建筑	2.0	0.7	0.5	0.4
	(2) 其他民用建筑	2.5	0.7	0.6	0.5
11	走廊、门厅、楼梯：				
	(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、教室、餐厅、医院门诊部	2.5	0.7	0.6	0.5
	(3) 消防疏散楼梯、其他民用建筑	3.5	0.7	0.5	0.3
12	阳台：				
	(1) 一般情况	2.5	0.7	0.6	0.5
	(2) 当人群有可能密集时	3.5			

注：1 本表所列各项活荷载适用于一般使用条件，当使用荷载大时，应按实际情况采用；

2 本表各项荷载不包括隔墙自重和二次装修荷载。

房屋建筑的屋面，其水平投影面上的屋面均布活荷载，应按表 1.1.2 采用。

表 1.1.2 屋面均布活荷载

项次	类 别	标准值/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_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

注：1 不上人的屋面，当施工荷载较大时，应按实际情况采用；

2 上人的屋面，当兼作其他用途时，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 屋顶花园活荷载不包括花圃土石等材料自重。

其余可变荷载，如工业建筑楼面活荷载、风荷载、雪荷载、厂房屋面积灰荷载等详见《荷载规范》。

2. 可变荷载准永久值

可变荷载在设计基准期内会随时间而发生变化，并且不同可变荷载在结构上的变化情况不一样。如住宅楼面活荷载，人群荷载的流动性较大，而家具荷载的流动性则相对较小。在设计基准期内经常达到或超过的那部分荷载值(总的持续时间不低于 25 年)，称为可变荷载准永久值。它对结构的影响类似于永久荷载。