

21世纪高等学校教材

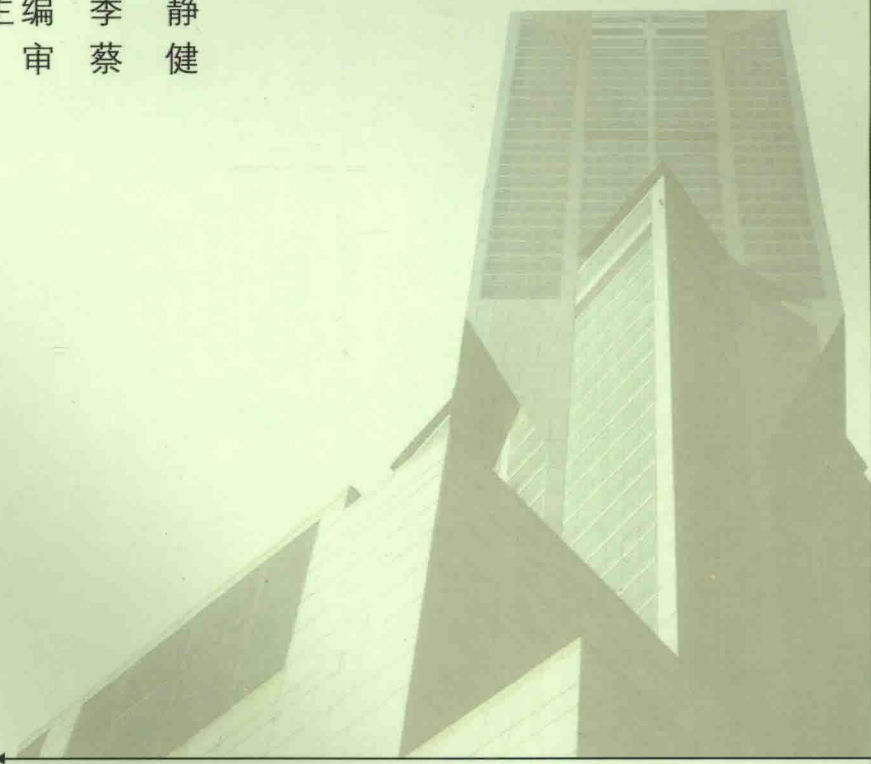
混凝土与砌体结构

HUNNINGTU YU QITI JIEGOU

上册

第二版

主 编 王祖华
副主编 季 静
主 审 蔡 健



华南理工大学出版社

混凝土与砌体结构

(上册)

第2版

主 编 王祖华

副主编 季 静

主 审 蔡 健

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 提 要

本书是《混凝土与砌体结构》的第2版,是在第1版的基础上,根据最近正式颁布的一批国家标准和行业标准而修订的。这些标准主要有:《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002),《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001),《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《预应力混凝土结构抗震设计规程》(JGJ 140—2004, J 301—2004)和《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002, J 186—2002)等。

全书分上、下两册。本书为上册,内容包括绪论、钢筋混凝土材料的主要力学性能、混凝土结构的基本设计原则、荷载及地震作用、受弯构件正截面承载力计算、受弯构件斜截面承载力计算、扭曲截面承载力计算、钢筋混凝土构件的变形和裂缝验算、钢筋混凝土平面楼盖、砌体结构等。每章节都有典型的例题,并附有必要的资料、思考题和习题,便于教学和读者学习。

本书适用于工业与民用建筑专业本科和专科(选用),也可供有关工程设计、施工和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土与砌体结构(上册)/王祖华主编,季静副主编. —2版. —广州:华南理工大学出版社,2005.6

ISBN 7-5623-0384-3

I. 混… II. ①王… ②季… III. ①混凝土结构 ②砌体结构 IV. TU37

总发行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学17号楼,邮编510640)

发行部电话:020-87113487 87111048(传真)

E-mail: scut202@scut.edu.cn http://www.scutpress.com.cn

责任编辑:赖淑华 黄丽谊

印刷者:广东省阳江市教育印务公司

开本:787×1092 1/16 印张:29.25 字数:730千

版次:2005年6月第2版第11次印刷

印数:44 601~47 600册

定价:42.00元

版权所有 盗版必究

第1版前言

本书根据正式颁布的《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)、《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88)等建筑法规,对华南理工大学建筑结构教研组编写的《钢筋混凝土与砖石结构》(1987年版,大专教材,上、下册分别由陈眼云、李烈轩主编)作了修订。同时,根据高等工业院校“工业与民用建筑专业”本科《混凝土结构》和《砌体结构》课程大纲以及课程设计和毕业设计的需要作了相应的扩充。此外,还增添了结构抗震的内容。

全书分上、下两册。上册内容包括绪论、混凝土结构材料的力学性能、混凝土结构设计基本原则、荷载与地震作用、受弯构件正截面承载力、受弯构件斜截面承载力、扭曲截面承载力、混凝土受弯构件裂缝宽度与挠度、混凝土平面楼盖、砌体结构。下册内容包括受压构件、受拉构件、预应力混凝土构件、单层厂房结构和多、高层混凝土房屋结构。

本书由华南理工大学建筑工程系组织任课教师集体编写。参加编写工作的有:王祖华(绪论,第二、四、十、十四章)、张学文(第一、三、五章)、傅其信(第六章)、李烈轩(第七、十三章)、陈眼云(第八、十一章和第十章第八节)、蔡健(第九章)和陈晖(第十二章)。由王祖华任主编、陈眼云任副主编。

本书可作工业与民用建筑专业本科教材,专科教学也可选用,并可供有关的工程设计、施工和科研人员参考。

专科使用本书时,建议删去带有* *的部分,对带有*的部分只讲基本概念和主要结论(参见正文标注)。

本书编写开始于1990年4月,曾由华南理工大学建筑工程系印成讲义,迄今已在校内本科和大专生中同时使用了两届,这次出版时又作了局部修改。

本书在编写过程中得到了华南理工大学建筑工程系领导和教务处领导的大力支持,使用过本教材的不少教师提出了宝贵意见,书中引用了附列的参考文献的有关材料。在此一并致谢。

由于我们水平有限,错误之处,欢迎批评、指正。

编 者

1992年元月

此次重印,根据国家标准《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)1993年局部修订本及《建筑抗震设计规范》(GBJ—89)1993年局部修订本,对本书有关内容作了局部修订。

编 者

1994年10月

第2版前言

本书是在第1版的基础上,根据最近正式颁布的一批国家标准和行业标准而进行全面修订的。这些标准主要有:《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《预应力混凝土结构抗震设计规程》(JGJ 140—2004, J 301—2004)和《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002, J 186—2002)等。

全书的体系内容和组织结构与第1版相同,仍分上、下两册出版。此外,还新增了结构分析与设计计算机方法的应用。参加第二版修订的编者有:王祖华(绪论,第2、4、10、14章)、杨玉华(第1、3章)、陈庆军(第5~7章)、季静、韩小雷(第8、11、12章)、黄炎生(第9章)、张雁(第13章)和徐进(第15章)。由王祖华主编,并统稿,季静(上册)、张雁(下册)任副主编,蔡健主审。

根据多年的使用经验,本书可以分拆、组合使用。视不同需要,可以分拆或组合为钢筋混凝土结构设计原理、建筑结构抗震设计、多高层建筑混凝土结构设计、单层工业厂房结构设计和砌体结构设计等。例如,当建筑结构抗震设计被作为一门课程独立教学时,可以参考绪论末所列附表使用本书。该表列出了编者多次的教学实践,讲授时数为28学时。

本书自1987年问世以来历时16载,印数共4万余册,受到各方的欢迎,为教学和工程设计作出了贡献。这是华南理工大学领导的重点支持、建筑学院土木工程系多年教学经验的积累和科学研究的支持及全体编者积极工作的结果。清华大学、东南大学、天津大学、同济大学和重庆大学等兄弟院校以及中国建筑科学研究院的教学经验和有关论著对本书起了重要作用。华南理工大学出版社的编辑为此付出了富有成效而辛勤的工作。

值此再版之际,对曾经参与第1版工作、因故未能继续参与修订工作的编者及前副主编陈眼云教授等对本书的贡献表示衷心感谢。对关心和支持本书的各位师生和工程师表示衷心感谢。

最后,我们对曾为本书第1版工作作出贡献的李烈轩教授、傅其信教授和陈晖副教授的辞世表示沉痛的哀悼。

编 者

2005年1月

目 录

绪论	1
0.1 土木工程结构类型	1
0.2 建筑结构的概念	1
0.3 钢筋混凝土的概念	3
** 0.4 混凝土结构的应用和发展	4
0.5 本课程的特点及学习方法	6
第 1 章 钢筋混凝土材料的主要力学性能	9
1.1 混凝土	9
1.2 钢筋	22
* 1.3 钢筋与混凝土的粘结	26
1.4 钢筋和混凝土的选用	30
思考题	31
第 2 章 混凝土结构的基本设计原则	33
2.1 结构的功能及其极限状态	33
2.2 结构可靠度基础	34
** 2.3 混凝土结构按概率极限状态设计方法的概念	41
2.4 承载能力极限状态计算	42
2.5 正常使用极限状态的验算	45
* 2.6 材料强度取值	47
附 录	50
思考题	53
第 3 章 荷载及地震作用	55
3.1 荷载的分类	55
3.2 荷载的代表值	56
3.3 荷载分项系数	58
3.4 荷载计算	59
3.5 荷载组合	69
3.6 抗震设计原则	71
3.7 地震作用的计算（底部剪力法）	82
3.8 结构的地震作用及其效应组合	88
** 附 录	95
思考题	103

习 题	103
第 4 章 受弯构件正截面承载力计算	105
4.1 概述	105
4.2 受弯构件的一般构造要求	106
4.3 受弯构件正截面抗弯性能的试验研究	116
4.4 受弯构件正截面承载力计算的基本理论	121
4.5 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	129
4.6 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	137
4.7 T 形截面受弯构件正截面承载力计算	145
** 4.8 双向受弯构件和深受弯构件	155
* 4.9 钢筋混凝土结构构件的抗震设计	156
附 录	162
思考题	163
习 题	165
第 5 章 受弯构件斜截面承载力计算	169
5.1 概述	169
5.2 受弯构件斜截面的受力特点和破坏形态	169
5.3 影响斜截面受剪承载力的主要因素	173
5.4 受弯构件斜截面受剪承载力计算	177
5.5 斜截面承载力计算方法和步骤	185
5.6 纵向钢筋的弯起、截断和锚固	191
5.7 箍筋的构造要求	199
思考题	200
习 题	200
第 6 章 扭曲截面承载力计算	202
6.1 概述	202
6.2 纯扭构件受扭承载力计算	203
6.3 钢筋混凝土弯、剪、扭构件承载力计算	211
6.4 钢筋混凝土弯剪扭构件的构造要求	216
6.5 钢筋混凝土弯剪扭构件的设计计算方法	218
* 6.6 协调扭转梁内力重分布与扭转调幅	225
思考题	225
习 题	225
第 7 章 钢筋混凝土构件的变形和裂缝验算	227
7.1 概述	227
7.2 受弯构件的变形验算	229

7.3 裂缝宽度验算	238
思考题	244
习 题	244
第 8 章 钢筋混凝土平面楼盖	245
8.1 整体式单向板交梁楼盖	247
8.2 整体式单向板交梁楼盖中单向板、次梁和主梁的内力计算	250
8.3 整体式单向板交梁楼盖的计算步骤与构造要求	260
8.4 整体式双向板交梁楼盖概述	281
8.5 整体式双向板交梁楼盖中双向板、次梁和主梁的内力计算与构造要求	283
8.6 双重井式楼盖和密肋楼盖	314
8.7 装配式钢筋混凝土楼盖	317
8.8 无梁楼盖	321
8.9 钢筋混凝土楼梯	326
8.10 钢筋混凝土过梁和雨篷	335
附录 8-1 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下的内力系数表	338
附录 8-2 连续板梁的计算跨度	349
附录 8-3 按弹性理论计算双向板的系数表	349
附录 8-4 等效均布荷载 q	353
附录 8-5 按塑性理论计算双向板钢筋的三 K 系数	354
附录 8-6 塑性弯矩 K 值表	359
思考题	360
习 题	361
第 9 章 砌体结构	363
9.1 概述	363
9.2 砌体材料及砌体的力学性能	364
9.3 砌体结构的基本设计原则	373
9.4 砌体结构构件的承载力计算	375
9.5 混合结构房屋的结构布置及静力计算方案	392
9.6 混合结构房屋的墙、柱设计	401
9.7 混合结构房屋的构造措施	425
9.8 过梁、墙梁和挑梁	433
*9.9 配筋砌块砌体	444
9.10 混合结构房屋墙柱基础	451
思考题	455
习 题	455
参考文献	457

绪 论

0.1 土木工程结构类型

自古以来，土木工程都是人类挖土盖房、铺路架桥的行业。到了现代，它已经远远超越了原来的意义，已与各行业紧密相连，相互渗透，相互支持，相互促进，构成了一幅人类在高科技水平上共同迈进的宏伟景象。

我国在土木工程领域做出了卓越贡献。正在建设的长江三峡水利枢纽工程举世瞩目。已经建成通车的上海卢浦大桥，全长 3900 米，跨径达 550 米，全钢结构，居世界同类桥梁之首，被誉为“世界第一钢拱桥”。建设中的上海浦东环球金融中心大厦，建成后将是世界第一高楼。

就结构功能而言，现代土木工程一般包含以下几类：

- (1) 房屋建筑与构筑物工程；
- (2) 铁路、公路、桥梁与港口工程；
- (3) 隧道、地下工程与防护工程；
- (4) 给水排水工程。

随着生活水平的提高，人们对文化、艺术和美学等方面的需求也日益增长，从而促使土木和建筑在 19 世纪中叶开始逐渐分为各有侧重的两个学科分支。本书侧重在与房屋建筑有关的混凝土结构方面。然而，其设计计算原理也是学习其他土木工程结构类型的基础。

0.2 建筑结构的概念

在各种工业与民用建筑中，由屋架、梁、板、柱和基础等“构件”组成的、能承受各种“作用”的体系叫做“建筑结构”。它是房屋建筑的骨架。所谓结构上的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的原因。施加在结构上的荷载有结构自重、土压力、风压力、雪压力和人群重等。引起结构外加变形或约束变形的原因有地震、基础沉降、温度变化和焊接等。

建筑结构按所用材料一般分为下列几类：

(1) 混凝土结构 是以混凝土为主要材料并在其中用钢材加强的结构，包含钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、劲性钢筋混凝土结构（或称型钢混凝土组合结构）和没有钢筋的素混凝土结构。特别是钢筋混凝土结构，在各种工业与民用建筑中应用十分广泛。如多层与高层住宅、宾馆、办公楼、大跨度的会堂、剧院、展览馆和单层、多层工业厂房等

一般都采用混凝土结构建造。此外,如地铁、烟囱、水塔和水池等特种结构也多采用混凝土结构建造。

(2) 砌体结构 是指用烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、中小型混凝土砌块、各种料石和毛石等块、板材料通过砂浆砌筑而成的结构。

(3) 钢结构 由钢材制成的结构。

(4) 木结构 全部或大部分用木材制成的结构。

建筑结构通常也按承重结构的类型划分:

(1) 混合结构 通常是指竖向承重构件(墙、柱)用砌体(砖、石),而水平结构构件(梁、板)用混凝土,这样两种材料混合建造的结构。它多用于六层及六层以下的住宅、旅馆、办公楼、教学楼以及食堂、会堂及单层工业厂房中。

(2) 单层厂房结构 是由柱子和屋架组成的结构。柱子和屋架多采用混凝土结构,也可采用钢结构。这种结构的跨度大,一般为 $12\sim 36\text{ m}$,可以是单跨和多跨。有吊车,荷载大,广泛应用于各种工业厂房建筑。

(3) 框架结构 是由纵梁、横梁和柱组成的结构。目前我国框架结构多采用钢筋混凝土结构建造,也有采用钢框架的,框架结构的建筑布置灵活,因此在单层和多层工业与民用建筑中应用十分广泛。钢筋混凝土框架结构一般用于不超过10层的建筑,有时也可以超过10层。

(4) 框架-剪力墙结构 这种结构是在框架结构内纵横方向适当布置的柱与柱之间设置几道厚度大于 140 mm 的钢筋混凝土墙体而成的结构体系。由于在这种结构中设置的墙在平面内的侧向刚度比其余的框架侧向刚度大得多,所以,在风荷载和地震作用下产生的水平剪力大部分由墙来承担,故称剪力墙。而框架只分担一小部分剪力,主要承受竖向荷载。由于框架-剪力墙结构充分发挥了框架和剪力墙各自的优点,因此在高度 $15\sim 30$ 层的高层建筑中采用它比框架结构更经济合理。

在高层钢结构建筑中,框架是钢的。剪力墙可以是钢筋混凝土的,也可以是带有支撑的钢框架抗侧力结构体系。

(5) 剪力墙结构 由纵、横向钢筋混凝土剪力墙组成的结构。这里的墙除抵抗水平地震作用和竖向荷载外,还对房屋起围护和分隔作用。剪力墙结构适用于高层住宅、宾馆等建筑。因剪力墙结构墙体很多,房屋的侧面刚度大,可建得很高,我国剪力墙结构多用于 $15\sim 50$ 层的住宅和旅馆建筑。如朝鲜平壤105层 305 m 高的柳京饭店和我国广州的33层白云宾馆即采用了剪力墙结构体系。

(6) 筒体结构 随着房屋层数(高度)的增加,房屋结构需要具有更大的侧向刚度,便出现了筒体结构。筒体结构是由钢筋混凝土墙或密集的柱围成的一个侧面刚度很大的筒体,其受力特点与一个在基础上固定的筒形悬臂构件相似,犹如一根挺拔高耸的竹子。由于采光的要求,在筒壁上往往有孔洞,这种筒叫做空腹筒或框筒。当要求侧向刚度更大时,可采用筒中筒(外筒套内筒)或筒束(几个筒并束在一起)结构。筒体结构多用于高层或超高层(高度 $h\geq 100\text{ m}$)的公共建筑中。如北京中央彩电大楼(26层,高 107 m)和青岛中银大厦(56层,高 246 m)即采用钢筋混凝土筒中筒结构。

(7) 大跨度和空间结构 指跨度很大的体育馆、大型火车站和航空港等公共建筑中所采用的结构。其中竖向承重构件多采用钢筋混凝土柱,屋盖采用钢网架、悬索和桁架或钢

钢筋混凝土薄壳等结构。例如我国首先采用钢网架建筑的是首都体育馆，它的屋盖宽度为 99 m，长达 112.2 m。2000 年建成使用的广州新体育馆采用了宽 100 m、长 160 m 的空间钢桁架结构。广州新白云机场飞机库采用了三跨最大跨度达 150 m 的钢桁架结构。

0.3 钢筋混凝土的概念

钢筋和混凝土是两种物理力学性能差异很大的材料。这两种材料组成整体，共同发挥作用即为钢筋混凝土。

结硬后的混凝土与天然石料相似，其抗压强度很高，而抗拉强度却很低（一般为抗压强度的 $1/18 \sim 1/9$ ）。如果用素混凝土做一条梁（图 0-1a），梁在荷载作用下，其截面中和轴以上受压，而中和轴以下部分受拉。由于混凝土抗拉强度远低于其抗压强度，因而在荷载不太大的情况下，受拉区混凝土即开裂，裂缝的发展使梁瞬间脆断破坏。很显然，梁的破坏是由于受拉区混凝土抗拉强度不足而引起的。此时梁不仅承载力低，破坏发生之前没能给人们关于破坏的预兆，而且，混凝土抗压强度高这一特性也未得到充分的发挥。

如果在上述混凝土梁的受拉区配置适量的钢筋（图 0-1b）来加强混凝土抵抗拉力的能力，则在这种所谓的钢筋混凝土梁内不仅承载力比相同情况的素混凝土梁大许多倍，而且它在破坏之前其变形和裂缝宽度要经历一个由小到大的较长过程。这个过程给人以破坏的预兆。这种预兆在工程上具有重要意义，它可以使人们对将要破坏的构件采取安全措施。就破坏特征而言，用适量钢筋加强的混凝土梁在破坏时，首先是受拉钢筋屈服，然后是受压区混凝土达到极限强度被压碎。显然，适筋混凝土梁在破坏时钢筋和混凝土这两种材料的强度都得到了充分的发挥，比素混凝土梁承载力大，且经济合理。

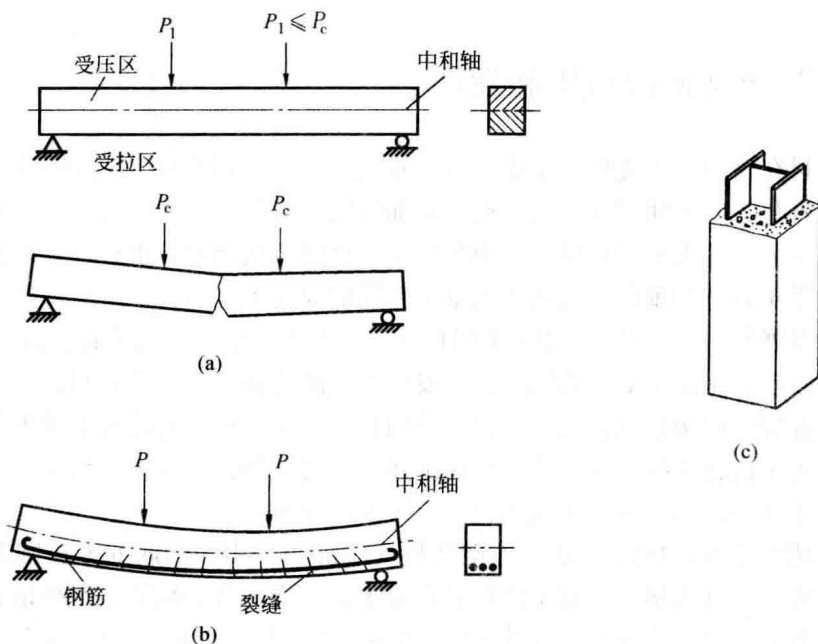


图 0-1 钢筋混凝土

在受压的素混凝土柱中配置适量的受压钢筋,协助混凝土承受压力,可以提高柱的承载力,从而可以减少柱子的截面尺寸,如图 0-1c 所示(图中采用了劲性钢筋)。

钢筋混凝土除了充分利用钢筋和混凝土两种材料的受力性能之外,尚有如下优点:

- (1) 耐久性好;
- (2) 耐火性好;
- (3) 可模性好;
- (4) 整体性好,因而具有较好的抗震性能;
- (5) 能就地取材;
- (6) 节约钢材。

钢筋混凝土结构也存在一些缺点,主要是:

(1) 自重大。由于钢筋混凝土重度大 (25 kN/m^3),使材料的运输量增大,给施工吊装带来困难。此外,自重大对于大跨度结构、高层建筑结构以及抗震都是不利的。为了克服钢筋混凝土结构自重大的缺点,目前国内外都在研究和采用轻质混凝土和高强混凝土以减轻自重和构件截面尺寸。也可以采用预应力钢筋混凝土结构减轻结构自重。

(2) 消耗木料多,费工时多,施工周期长,而且有的地区还受到气候和季节的限制。为了克服这个缺点,一般可以采用装配式钢筋混凝土结构,或者改善施工方法和工艺,如采用滑模、提模和升板等施工技术。

(3) 抗裂性差。钢筋混凝土结构一般是带裂缝工作的,对于一些不允许出现裂缝或者对裂缝宽度有严格限制的结构来说,要满足这些要求,往往使工程造价提高很多。采用预应力混凝土结构可以使这个缺点得到改善。

此外,钢筋混凝土结构还存在隔热、隔音性能较差,不易修补、拆除和再生利用等难于改变的缺点。

**** 0.4 混凝土结构的应用和发展**

混凝土材料在历史上的应用源于很古老的年代。不过,最初使用的胶结材料是粘土、石膏、气硬性石灰,后又使用火山灰、火山灰加气硬性石灰、水硬性石灰等。例如,早在罗马时代就曾用天然性水硬性材料(火山灰)建造道路、城墙和下水道。近期报载,发现我国比此早三千年就有和现代硅酸盐水泥基本相同的混凝土地面。

随着社会发展的需要,及至 1824 年阿斯普丁(J. Aspdin)发明波特兰水泥(现称为硅酸盐水泥)以后,制作混凝土的胶结材料发生了质的变化。此后水泥与混凝土的生产技术迅速发展,混凝土的用量急剧增加,使用范围日益扩大。至今它已成为世界上用量最多的人造材料。为了改善混凝土的性能,克服上述的自身缺陷,在波特兰水泥发明至今的近两百年,混凝土结构经历了许多重大变化,有飞跃的进步。

从材料的角度来说,1850 年法国人朗波特(Lambot)用加钢筋的方法制造了一条小水泥船。此后就用钢筋来增强混凝土以弥补混凝土抗拉强度低的缺陷,这种钢筋混凝土大大地促进了混凝土结构在各种工程上的应用。1887 年科伦(M. Koenen)首先发表了钢筋混凝土的计算方法,1918 年艾布拉姆斯(D. A. Abrams)发表了著名的计算混凝土本身强度的水灰比理论。

混凝土用钢筋增强后,显然可用于受弯和受拉构件,但并未解决混凝土容易出现裂缝的问题。用张拉钢筋对混凝土预先施以压应力的方法可以保证混凝土构件在荷载作用下既能抗拉又避免裂缝出现。特别是应用高强材料时预应力方法最为有效。1928年法国弗列新涅(F.Freyssinet)提出了混凝土收缩和徐变理论,采用了高强钢丝,发明了预应力锚具,为预应力混凝土技术在工程中的应用奠定了基础。预应力混凝土的出现,是混凝土技术发展的一次飞跃。它是通过外部条件对混凝土改性,实现对结构的功能要求。由于预应力技术在大跨度建筑、高层建筑,以及在抗震、防裂和抗内压等方面有良好效果,从而大大地扩展了混凝土结构在土木工程中的应用范围。

目前,世界各国混凝土结构的应用已从一般的工业与民用建筑、交通建筑、水工建筑和基础工程等领域扩展到了海上浮动建筑、海底建筑、地下城市建筑、高压储缸、核电站压力容器等领域。而且,轻质高强度混凝土的发展使得钢筋混凝土结构应用的跨度和高度都不断地加大。

我国是使用混凝土结构最多的国家,特别是改革开放以来,基础建设及其他各项建设迅猛发展,混凝土结构也随之得到广泛应用和迅速发展。在工业建筑方面,单层和多层厂房已广泛采用了钢筋混凝土结构。并且,单层厂房广泛采用了各种配套定型的全国或地区通用的标准化构件和配件;在居住及公共建筑中,钢筋混凝土结构住宅、旅馆、影剧院、体育馆等大量涌现;在交通工程中,新型钢筋混凝土结构的铁路桥、公路桥以及现代繁华城市的钢筋混凝土立体交叉结构在不断出现;在水利及港口工程中,钢筋混凝土被广泛应用于建造水库、水坝和码头。此外,国防工程及各种特殊结构如储油罐、仓储结构、水池、水塔和烟囱等也广泛应用钢筋混凝土。近年来钢筋混凝土高层建筑也得到迅速发展。在我国各地相继出现了许多高层住宅、办公楼和宾馆酒店等。

我国正在建设的国家体育馆(2008年北京奥运会主体育场)已选定既宏大又饱含东方含蓄美的“鸟巢”方案为最终方案。这是一项能够同时容纳10万名观众的大跨度空间结构。其他相关项目也已启动,届时在北京将建一批规模宏大的国际性的体育设施。

在高层建筑方面,1997年建成的上海金茂大厦,91层420m高,框架-筒体结构,材料为钢-混凝土混合结构。其高度目前为我国之最,世界第三。目前世界上最高的混凝土建筑是马来西亚的佩重纳斯大厦(Petronas Tower),95层452m高,亦是框架-筒体混合结构。应当指出,正在建设的上海浦东环球金融中心大厦,95层460m高,建成后将是世界第一高楼。世界的高层建筑曾经集中在美国,如熟知的纽约世界贸易中心双子塔大厦(World Trade Center),110层高417m,采用钢-混凝土组合结构。于1972年建成,现已被毁,正在酝酿新的高楼方案。广州的广东国际大厦,63层200m高,所有楼板均采用了无粘结预应力混凝土。目前世界上正在酝酿建造500m以上高度的建筑。韩国汉城将开始建设一座高达580m的国际商务中心。

在桥梁建筑方面,1993年建成的上海杨浦大桥,为钢-混凝土结合梁斜拉桥,主跨径602m,其规模在当时居世界第一。加拿大安娜西斯桥(Annacis Bridge)同属结合梁斜拉桥,跨度465m,是目前预应力混凝土桥梁跨度较大的建筑。在水利工程方面,正在建设的我国长江三峡水利枢纽工程(防洪、通航、发电和泥沙处理等)是举世瞩目的宏伟工程。大坝高186m,坝体混凝土用量1527万 m^3 。10年来的建设进展顺利,一、二期工程已经完成,现已蓄水,首批通航和发电,到2009年建成时,最终大坝坝前水位将达到

175 m。正在建设的杭州湾跨海大桥长达 36 km，为世界长度之最。

此外，为了防射线、耐磨、耐腐蚀、防渗、保温等特殊需要，已研究和开始应用各种多孔混凝土、自应力混凝土、纤维增强混凝土和聚合物混凝土。

在设计和研究方法上，已从基于实验和经验的体系，向更为完善和更科学的方向发展。目前，在实验研究方面应用了现代测试技术。在可靠性理论上已开始应用可靠度概念的分析方法。并在构件的计算中开始采用将强度、变形、延性贯穿起来的全过程分析方法，它更接近实际，是更精确的方法。此外，当代电子计算机的迅猛发展也是结构设计发展的重要手段。借助于电子计算机，建筑结构设计能够应用现代设计理论，使结构设计周期缩短，经济效益提高，繁重的手工计算和绘图工作量大大减少。

建国以来，我国还在钢筋混凝土结构的设计理论和设计方法方面进行了大量的科学研究工作，取得了很大的成就。在此基础上并吸取国外的先进经验，我国于 1955 年、1966 年、1974 年、1989 年和 2002 年先后制定了混凝土结构设计应该遵循的设计规范或国家标准。现行的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)就是在总结建国以来 50 年的丰富工程实践经验和最新的科学研究成果的基础上编制的，它达到了技术先进、经济合理、安全适用、确保质量的要求，具有国际水平。而且在某些重要的设计理论和设计方法方面，达到了国际先进水平。同时还编制了一些专门规范、规程和设计手册，这对于统一设计标准、保证工程质量、提高设计速度、节约材料和降低造价等方面都起到了重要作用。

0.5 本课程的特点及学习方法

如前所述，混凝土结构是我国目前土木工程中应用最为广泛的一种结构。不论是从事设计、科研或施工工作，还是从事工程管理部门工作的土木工程工作者都要经常接触它。因此，它被列为土木工程专业主要课程之一。

混凝土结构课程通常按内容的性质可归纳为“混凝土基本构件”和“混凝土房屋结构”两大部分。前者主要讨论钢筋混凝土构件的受力性能、设计计算方法和配筋构造等，是钢筋混凝土结构的基本理论；后者主要讨论钢筋混凝土房屋结构的选型、内力分析方法和构造处理等问题，包括钢筋混凝土梁、板结构，单层厂房结构和多、高层房屋结构。通过对这些内容的学习，要求学生基本上能掌握进行这些结构设计所必需的理论知识。然后再通过本课程设计和毕业设计等实践性教学环节，初步学会如何运用这些理论知识来正确进行设计和解决工程中的实际技术问题。

“混凝土基本构件”在性质上相当于钢筋混凝土的“材料力学”，因而它与材料力学有很多相似之处，但又有很多不同之处。在学习本课程时要注意区分它与材料力学的差异。例如，材料力学主要是研究单一、匀质、连续和弹性材料的构件，而“钢筋混凝土基本构件”则是研究钢筋和混凝土这两种力学性质差别很大的材料组成的构件，其中混凝土又是非匀质、非连续、非弹性的材料。因而，可以说材料力学解决问题的方法，如利用几何、物理和平衡关系建立基本方程的途径，对于钢筋混凝土也是适用的；但是要注意，对于每一种这样的关系在具体内容上要考虑钢筋混凝土性能上的特性。

材料力学、结构力学等课程，侧重于构件的应力、内力和变形分析，其解答往往是惟一的。而钢筋混凝土结构课程所要解决的不仅仅是强度和变形计算问题，主要的还是“设

计”问题。对构件设计来说,它包括决定方案、截面型式、截面尺寸、材料选择和配筋构造等,而且还需要考虑安全、适用、经济和施工方面的合理性、可行性等等,是一个综合性的问题。同一个构件在给定的荷载作用下,可以有不同的截面型式、尺寸和配筋数量,只有经过综合分析比较才能做出合理的选择。而在房屋结构设计中,这种综合性更加明显和复杂。所以,在学习钢筋混凝土结构课时,要注意对多种因素进行综合分析的设计方法这个特点,培养自己对问题的综合分析和归纳的能力。

本课程还具有实践性较强的特点。这是因为,一方面设计理论和计算方法是建立在结构性能试验和前人工程实践的基础上的,因而很多计算公式是根据试验资料,并特别注意它的适用范围和条件。另一方面,设计者除了理论知识外,还需要在方案选择和细部处理手法等方面的经验,而这些经验只有经过大量工程实践才能积累起来。因而学习本课程时要特别重视加强实践。

当建筑结构抗震设计被作为一门课程独立教学时,可以按照本章附表所示对应章节学习。

最后还应指出,为了贯彻国家的技术经济政策,控制设计质量,加快设计速度,达到设计方法上必要的统一和标准化,国家各部(委)特颁布了一系列的具有技术法律性质的“设计规范”或“设计规程”,作为设计者必须遵守的准则。本课程直接依据的是2001年前后颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《砌体结构设计规范》(GB 5003—2001)和《工程建设标准强制性条文(房屋建设部分)》等。所以,在学习本课程时,要注意掌握、熟悉并正确地运用设计规范。

附表 《建筑结构抗震设计》课程参考内容

课 程 内 容	采用本书相应的章节
第 1 章 地震与结构抗震设计基本知识 1.1 地震、震级和烈度 1.2 抗震设防 1.3 抗震设计基本要求 1.4 建筑场地	第 3 章 荷载及地震作用 3.6 抗震设计原则 3.6.1 地震的成因及震害 3.6.2 地震波与震级 3.6.3 烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组 3.6.4 抗震设防 3.6.5 抗震设计基本要求 3.6.6 建筑场地
第 2 章 地震作用和结构抗震验算 2.1 地震作用 2.2 结构的自振周期和振型 2.3 结构抗震验算	3.7 地震作用的计算（底部剪力法） 3.8 结构的地震作用及其效应组合 第 4 章 受弯构件正截面承载力计算 4.9 钢筋混凝土结构构件的抗震设计
第 3 章 砌体结构抗震 3.1 地震区混合结构房屋的结构布置原则 3.2 多层混合结构房屋的抗震验算 3.3 地震区混合结构房屋的构造措施	第 9 章 砌体结构 9.5 混合结构房屋的结构布置及静力计算方案 9.5.2 地震区混合结构房屋的结构布置原则 9.6 混合结构房屋的墙柱设计 9.6.4 多层混合结构房屋的抗震设计 9.7 混合结构房屋的构造措施 9.7.2 地震区混合结构房屋的构造措施
第 4 章 单层工业厂房结构抗震 4.1 单层厂房抗震计算 4.2 单层厂房罕遇地震下抗震变形验算	第 13 章 单层厂房结构 13.3 单层厂房的结构布置 13.3.1 平剖面布置 13.4 单层厂房排架计算 13.4.9 单层厂房抗震计算 13.4.10 单层厂房抗震变形验算
第 5 章 多层及高层钢筋混凝土结构抗震 5.1 多、高层钢筋混凝土结构抗震设计的一般要求 5.2 多、高层建筑结构的地震作用 5.3 多、高层建筑的自振周期和振型 5.4 地震作用计算时偶然偏心影响和水平地震剪力系数 5.5 荷载效应与地震作用效应组合 5.6 框架结构抗震设计要求与计算原则 5.7 框架结构地震作用下内力与位移计算实例 5.8 框架结构地震作用下截面设计与构造要求	第 14 章 多层及高层钢筋混凝土建筑结构 14.1 多、高层钢筋混凝土结构的体系与布置 14.2 多、高层建筑的荷载与地震作用 14.2.3 地震作用 14.2.4 底部剪力法 14.2.5 振型分解反应谱法 14.2.6 时程分析法概念 14.2.8 竖向地震作用概念 14.2.9 结构的自振周期和振型系数计算 14.2.10 地震作用计算时偶然偏心影响和水平地震剪力系数 14.2.11 荷载效应与地震作用效应组合 14.3 多、高层建筑设计要求与计算原则 14.3.1 多、高层建筑设计要求 例题 14-4 14-6 框架结构截面设计与构造要求 14-7 罕遇地震作用下框架薄弱层弹塑性变形验算

注：教学时数为 28 学时；高层建筑的抗震更多应在高层建筑课中讲授，详见本书第 14 章其余的部分和第 15 章。思考题和习题可从相应各章后选用。

第1章 钢筋混凝土材料的主要力学性能

钢筋混凝土结构由钢筋和混凝土这两种性质不相同的材料组成，它们共同承受和传递结构的荷载。钢筋混凝土结构的计算理论、计算公式的建立，都与这两种材料的力学性能密切相关。在工程中，适当地选用材料，合理地利用这两种材料的力学性能，不仅可以改善结构和构件的受力性能，而且也能取得较好的经济效果。因此，了解钢筋和混凝土这两种材料的力学性能，不仅对理论研究者，而且对工程技术人员都是非常重要的。

本章主要从强度和变形两个方面，阐述这两种材料的力学性能、它们的共同工作，以及在工程中这两种材料的使用。

1.1 混凝土

1.1.1 混凝土的强度

混凝土强度是混凝土受力性能的一个基本标志。荷载的性质及混凝土受力条件的不同，使混凝土具有不同的强度。在工程中常用的混凝土强度有：立方强度、轴心抗压强度、轴心抗拉强度。

1.1.1.1 混凝土的立方强度及等级

混凝土的立方强度是衡量混凝土强度大小的基本指标，是评价混凝土等级的标准。《普通混凝土力学性能试验方法》(GBJ 81—85)规定，用边长为150 mm的标准立方体试件，在标准养护条件下(温度 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ，相对湿度不小于90%)养护28天后在试验机上试压。试验时，试块表面不涂润滑剂，全截面受力，加荷速度为每秒 $0.3 \sim 0.8 \text{ N/mm}^2$ 。试块加压至破坏时，所测得的极限平均压应力作为混凝土的立方强度，用符号 f_{cu} 表示，单位为 N/mm^2 。

混凝土的立方强度是在上述条件下取得的。试验表明，混凝土立方强度不仅与养护期的温度、湿度、龄期等因素有关，而且与试验的方法有关。加荷速度越快测得的强度越高。通常规定加荷速度为：混凝土强度等级低于C30时，取每秒 $0.3 \sim 0.5 \text{ N/mm}^2$ ，否则取每秒 $0.5 \sim 0.8 \text{ N/mm}^2$ 。

此外，试件在试验机上受压时，纵向缩短，横向就要扩张。在一般情况下，试件的上下表面有内向的摩擦力，这是由试件横向扩张产生的。摩擦力就如同在试件上下端各加了一个套箍，它阻碍了试件的横向变形，这样就延缓了裂缝的开展，从而提高了试件的抗压极限强度。在试验过程中也可以看到，试件破坏时，首先是试块中部外围混凝土发生剥落，试块成为图1-1a的形状。这也说明，试块和试验机垫板之间的摩擦对试块有“套箍”作用，且这种“套箍”作用越靠近试块中部则越小。图1-1b是上下表面加润滑剂的