



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

建 筑 结 构

张 玉 敏	段 卫 东	主 编
李 军	吕 俊 利	副 主 编
焦 凤 丽	张 锡 增	主 审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

建 筑 结 构



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。全书依据即将颁布的 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》（报批稿）、GB 50011—2010《建筑抗震设计规范》以及钢结构、砌体结构相关规范编写。

全书共 16 章，内容包括钢筋和混凝土材料的力学性能，结构设计方法，受弯、受剪、受扭、受压、受拉构件承载力计算，钢筋混凝土构件变形及裂缝宽度验算，预应力混凝土基本知识，钢筋混凝土楼盖，楼梯与雨篷，多层框架结构，砌体材料及其力学性能，砌体构件承载力计算，砌体结构房屋墙、柱设计，钢结构材料，钢结构的连接，钢结构构件设计等。根据培养高素质技能型专门人才的要求，本书突出工程实际应用，对解题方法的介绍翔实清楚，具有语言精练、概念清楚、重点突出、层次分明、结构严谨等特点。

本书主要作为高职高专院校土建类工程造价、工程管理、工程监理、房地产、给排水、建筑学、城市规划、建筑装饰工程技术、建筑企业管理等专业教材，也可用于函授、自学考试和在职人员的培训教材，还可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

建筑结构/张玉敏，段卫东主编. —北京：中国电力出版社，
2011.1

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育

ISBN 978-7-5123-1194-7

I. ①建… II. ①张…②段… III. ①建筑结构-高等学校：
技术学校-教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 015029 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 3 月第一版 2011 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 29 印张 712 千字

定价 47.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

本书是根据建筑类专业建筑结构课程教学大纲要求和新修订的 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》(报批稿)和 GB 50011—2010《建筑抗震设计规范》以及其他相关规范、标准编写的。书中反映了我国建筑结构在土木工程领域的新进展和可持续发展的要求。本书主要囊括混凝土结构、砌体结构、钢结构这三部分。内容包括绪论,钢筋和混凝土材料的力学性能,结构设计方法,受弯、受剪、受扭、受压、受拉构件承载力计算,钢筋混凝土构件变形及裂缝宽度验算,预应力混凝土基本知识,钢筋混凝土楼盖,楼梯与雨篷,多层框架结构,砌体材料及其力学性能,砌体构件承载力计算,砌体结构房屋墙、柱设计,钢结构材料,钢结构的连接,钢结构构件设计。

本书在编写过程中,密切结合混凝土结构、砌体结构、钢结构课程教学内容的改革和实践,吸收了各院校近年来建筑结构课程的教学经验,从培养高素质技能型专门人才的定位出发,本着理论知识以必须、够用为度,以实际应用为重的原则,力求体现高等职业教育的特色,并对教材内容进行了适当的取舍,突出学生对基本知识的掌握,理论推导从简,精选了典型例题,加大了思考题和习题的分量,以便于学生得到较为全面的训练,提高专业综合应用能力。

本书力求简明基本理论和基本概念,突出工程实际应用,对解题方法的介绍清楚细致,尽量做到语言精练、概念清楚、重点突出、层次分明、结构严谨。本书主要作为技能型高职高专院校建筑类工程造价、工程管理、工程监理、房地产、给排水、建筑学、城市规划、装饰装修、建筑企业经济管理专业的教学用书,也可用于建筑类函授教育、自学考试和在职人员培训教材,或供有关工程技术人员参考。

参加本书编写的人员有:山东协和学院的张玉敏、朱辉、殷宪花、封妍、张杰超,济南泰宇工程咨询有限公司的段卫东,山东凯文科技职业学院的焦凤丽、刘阳花,开封大学的李军,山东建筑大学的吕俊利,淄博福田建筑安装有限公司的侯旭魁,青岛黄海职业学院的孙伟。其中,张玉敏编写第1、4章,段卫东编写第2、12章,焦凤丽编写第3、15章,刘阳花编写第5章,李军编写第6章,吕俊利编写第7、9章,孙伟编写第8章,朱辉编写第10章,封妍编写第11章,侯旭魁编写第13章,殷宪花编写第14章,张杰超编写第16章。全书由张玉敏、段卫东担任主编,焦凤丽、李军、吕俊利任副主编。

承蒙济南大学张锡增先生仔细地审阅了全书,并提出了许多宝贵意见,编者在此谨致衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者
2010年12月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 建筑结构的分类	1
1.2 建筑结构的應用	5
1.3 本课程的主要内容、任务和学习方法	8
思考题	9
第2章 钢筋和混凝土材料的力学性能	10
2.1 钢筋	10
2.2 混凝土	16
2.3 钢筋与混凝土的黏结	25
思考题	29
第3章 结构设计方法	31
3.1 结构设计的极限状态	31
3.2 结构上的作用及其荷载代表值	32
3.3 作用效应和结构抗力	34
3.4 概率极限状态设计法	36
3.5 极限状态实用设计表达式	38
3.6 混凝土结构的耐久性	43
思考题	47
习题	47
第4章 钢筋混凝土梁	49
4.1 基本构造要求	49
4.2 受弯构件正截面的受力性能试验	53
4.3 受弯构件正截面承载力计算	57
4.4 受弯构件斜截面承载力计算	83
4.5 钢筋混凝土受扭构件	107
4.6 钢筋混凝土受弯构件变形及裂缝宽度验算	117
4.7 预应力混凝土基本知识	127
思考题	146
习题	150
第5章 钢筋混凝土板	155
5.1 板的概述	155
5.2 板的内力计算	156
5.3 受弯构件(板)的配筋计算	166

5.4 板的构造配筋	168
思考题	170
习题	170
第6章 钢筋混凝土柱	172
6.1 构造要求	172
6.2 轴心受压构件的计算	175
6.3 偏心受压构件正截面承载力计算	179
6.4 对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	191
6.5 偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	193
思考题	194
习题	194
第7章 钢筋混凝土受拉构件	196
7.1 轴心受拉构件正截面受拉承载力计算	197
7.2 偏心受拉构件正截面受拉承载力计算	197
7.3 偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算	203
7.4 钢筋混凝土受拉构件的裂缝宽度验算	203
思考题	205
习题	205
第8章 钢筋混凝土楼盖	206
8.1 概述	206
8.2 现浇单向板肋梁楼盖	207
8.3 双向板肋梁楼盖	235
思考题	237
习题	238
第9章 楼梯与雨篷	240
9.1 楼梯	240
9.2 雨篷等悬挑构件	250
思考题	253
习题	253
第10章 多层框架结构	255
10.1 多高层建筑结构体系简介	255
10.2 多层框架的结构布置	257
10.3 框架结构内力与水平位移的近似计算方法	260
10.4 多层框架内力组合	275
10.5 框架结构构件设计	277
10.6 多层框架结构基础	279
思考题	280
习题	280
第11章 砌体材料及其力学性能	282

11.1	砌体材料	282
11.2	砌体的受压性能	289
11.3	砌体的受拉、受弯、受剪性能	294
11.4	砌体的变形和其他性能	297
	思考题	298
第 12 章	砌体构件承载力计算	299
12.1	受压构件承载力的计算	299
12.2	局部受压承载力的计算	302
12.3	轴心受拉、受弯和受剪构件	308
	思考题	310
	习题	310
第 13 章	砌体结构房屋墙、柱设计	312
13.1	砌体结构房屋的结构布置和静力计算方案	312
13.2	墙柱高厚比验算	315
13.3	刚性方案房屋墙体的设计计算	320
13.4	墙柱的基本构造措施	328
13.5	过梁、圈梁和构造柱	332
	思考题	338
	习题	338
第 14 章	钢结构材料	340
14.1	钢结构对材料的要求	340
14.2	钢材的破坏形式	340
14.3	钢材的主要性能	341
14.4	影响钢材性能的因素	344
14.5	建筑钢材的种类、规格及选用	347
	思考题	351
第 15 章	钢结构的连接	352
15.1	钢结构的连接方法	352
15.2	焊接方法和焊缝连接形式	353
15.3	对接焊缝的构造与计算	358
15.4	角焊缝的构造与计算	362
15.5	焊接残余应力和残余变形	373
15.6	普通螺栓连接的构造与计算	375
15.7	高强度螺栓连接的计算	385
	思考题	389
	习题	389
第 16 章	钢结构构件设计	392
16.1	受弯构件(梁)	392
16.2	轴心受力构件	407

思考题..... 419

习题..... 419

附录 1 荷载部分用表 421

附录 2 混凝土结构用表 424

附录 3 砌体结构用表 434

附录 4 钢结构用表 436

参考文献..... 455

第1章 绪 论

1.1 建筑结构的分类

建筑结构是由各种基本结构构件(梁、板、柱、墙、桁架、楼盖和基础等)组合建造成的能承受各种作用、起骨架作用的受力体系,故应具有足够的强度、刚度、稳定性和耐久性,从而满足使用要求。

建筑结构可按所使用材料和主体结构的形式来分类。

1.1.1 按使用材料分类

建筑结构按所使用材料不同可分为钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构等。

一、钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构是由钢筋和混凝土这两种材料组成的共同受力的结构。在钢筋和混凝土两种材料中,钢筋的抗拉和抗压强度都很高,但细长的钢筋受压时极易压屈失稳,故工程应用以承受拉力为主;混凝土的抗压强度高而抗拉强度很低,一般只有抗压强度的 $1/20 \sim 1/8$,混凝土承受拉力时极易开裂,因此,纯混凝土构件在实际工程中的应用受到很大限制。在这种情况下,将钢筋和混凝土这两种材料合理配置使用,可以取长补短,充分利用各自的材料性能。

钢筋和混凝土两种材料的物理力学性能各不相同,两者能够结合在一起共同工作并能有效地承担外荷载的原因在于:①钢筋与混凝土之间有良好的黏结力,在荷载作用下,可以保证两者能够协调变形,共同受力;②钢筋和混凝土两种材料的温度线膨胀系数很接近(钢筋为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$,混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$),当温度变化时,两者间不会因产生过大的相对变形而致使黏结力遭到破坏;③钢筋的弹性模量约为混凝土的 $6 \sim 10$ 倍,在共同变形时,钢筋应力约为混凝土应力的 $6 \sim 10$ 倍,因而使钢筋的强度能够得到充分发挥。

钢筋混凝土结构在土木工程中的应用十分广泛,除了能够充分利用钢筋和混凝土各自的材料性能外,还具有以下优点:

(1) 强度高。与砌体、木结构相比,其强度很高;与钢结构相比,其用钢量少得多,在一定条件下可以替代钢结构,达到节约钢材、降低工程造价的目的。

(2) 耐久性好。钢筋与混凝土具有良好的化学相容性,混凝土属于碱性性质,会在钢筋表面形成一层氧化膜,它能有效地保护钢筋,在一般环境下钢筋不会产生锈蚀,且混凝土的强度随时间的推移还会有所增加,所以耐久性好,几乎不用保养和维修。

(3) 耐火性好。钢筋被包在混凝土内,在遭受火灾时,钢筋不会很快因升温而软化,因此比钢、木结构的耐火性好。

(4) 可模性好。混凝土可根据设计需要浇筑成各种形状和尺寸的结构,特别适于建造外形复杂的大体积结构、曲线型的梁和拱以及空间薄壁结构。这一特点是砖石、钢、木等结构所不能代替的。

(5) 整体性好。现浇式或装配整体式的钢筋混凝土结构整体性好,有利于抗震及防爆。

(6) 就地取材。钢筋混凝土所用的材料除少量的钢筋和水泥外,绝大部分材料是石子和

砂, 它们的产地普遍, 可就地取材, 减少材料运输费用, 显著降低工程造价。

钢筋混凝土结构也存在一些缺点, 主要包括:

- (1) 自重较大。钢筋混凝土的容重为 $24 \sim 25 \text{ kN/m}^3$, 属于自重较大的材料。
- (2) 抗裂性差。普通钢筋混凝土结构, 在正常使用阶段往往是带裂缝工作的, 虽不影响承载力, 但对防渗漏的结构, 如某些水工混凝土结构很不利。由于裂缝会引起漏水, 将影响结构物的正常使用功能; 同时裂缝的存在会导致钢筋锈蚀, 影响结构物的耐久性。
- (3) 施工比较复杂, 工序多, 施工时间长。冬季施工和雨天施工困难, 需采取必要的措施以保证工程质量。
- (4) 耗费模板较多。浇筑钢筋混凝土要用模板, 如采用木模板, 则要消耗大量的木材。
- (5) 损伤补强困难。混凝土结构一旦被损伤, 其修复、加固比较困难, 原有强度也难以恢复。

随着科学技术的发展, 这些缺点正在得到克服和改善。如采用轻质高强混凝土可减轻结构的自重; 采用预应力混凝土结构可较好地解决开裂问题; 采用预制装配式构件可节约模板, 加快施工进度, 施工不受季节气候的影响; 采用粘贴碳纤维布、粘钢或植筋技术, 可解决加固、补强的问题。

二、砌体结构

砌体结构是由块体材料和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构。是砖砌体、砌块砌体和石砌体结构的统称。砌体结构具有悠久的历史, 至今仍是世界上应用最广泛的结构形式之一。

砌体结构之所以如此广泛地被应用, 是因为它有着以下优点:

- (1) 可就地取材, 造价低廉。天然石材易于加工开采; 黏土、砂等可就近取材, 价格也较水泥、钢材、木材便宜。利用工业废料制成的块材如煤矸石、粉煤灰、页岩等生产的新型砌块既有利于节约天然资源、降低造价, 又有利于保护环境。
- (2) 有很好的耐火性和较好的耐久性, 较好的化学稳定性和大气稳定性, 使用年限长。
- (3) 保温、隔热性能较好。特别是砖砌体的保温、隔热性能较好。
- (4) 施工设备简单, 施工技术上无特殊要求。由于新砌体即可承担一定荷载, 故可实现连续施工作业, 在寒冷地区, 必要时还可以用冻结法施工。
- (5) 当采用砌块或大型板材作墙体时, 可以减轻结构自重, 加快施工进度, 进行工业化生产和施工。采用配筋混凝土砌块的高层建筑较现浇钢筋混凝土高层建筑可节约模板, 加快施工进度。

砌体结构也存在下述一些缺点:

- (1) 砌体结构的自重大。因为砖石砌体的抗弯、抗拉性能很差, 强度较低, 故必须采用较大截面尺寸的构件, 耗用材料多, 自重也大。
- (2) 砌体的抗震和抗裂性能较差。砌筑砂浆和砖、石、砌块之间的黏结力较弱, 无筋砌体的抗拉、抗弯及抗剪强度都很低, 造成砌体抗震和抗裂性能较差。
- (3) 砌筑施工劳动强度大。砌筑大都是采用手工方式操作, 一块砖、一铲灰、一弯腰地循环往复, 砌筑工作量大, 劳动强度高, 生产效率低。
- (4) 黏土砖制造耗用黏土, 影响农业生产不利于环保。烧制黏土砖不仅占用大量农田, 影响农业生产, 而且耗能大, 还对环境造成污染。

上述缺点限制了砌体结构的使用范围,目前人们正在大力研究和开发各种新技术、新材料,如加强对轻质、高强的砖和砌块及高黏结强度的砂浆的研究和应用,以取代传统的黏土砖砌体并减轻自重;采用配筋砌体,并加强抗震抗裂的构造措施,来克服砌体抗震和抗裂性能较差的不足;进一步推广砌块和墙板等工业化施工方法,以逐步克服劳动强度大的缺点;利用工业废料如煤矸石、粉煤灰、页岩等制作砌块,减少或克服与农业争地的矛盾,同时也改善环境污染问题。现在我国一些大城市已禁止使用实心黏土砖。

三、钢结构

钢结构是用钢板、热轧型钢或冷加工成型的薄壁型钢制作而成的。和其他材料的结构相比,钢结构的主要优缺点如下所述。

(一) 优点

(1) 材料强度高,塑性和韧性好。钢材和其他材料如混凝土、砖石和木材相比,强度要高得多。因此特别适用于建造跨度大、高度高或荷载很大的构件和结构。但由于强度高,一般做成的构件截面小而壁薄,在受压时需要满足稳定性的要求,强度有时不能充分发挥。

塑性好,结构超载时一般不会突然断裂,但变形明显,故易被发现并采取措施防止事故发生。

韧性好,结构对动力荷载的适应性强,因此在地震区采用钢结构更为有利。

(2) 材质均匀,和力学计算的假定比较符合。钢材在冶炼和轧制过程中质量可以严格控制,其组织比较均匀,接近各向同性,为理想的弹塑性体。因此,钢结构的实际受力情况和工程力学计算结果比较符合。

(3) 钢结构的质量轻。钢结构比钢筋混凝土、砖石结构轻得多,原因是钢材的强度高,构件截面尺寸小。以同样跨度承受同样的荷载,钢屋架的质量仅为钢筋混凝土屋架的 $1/4 \sim 1/3$,冷弯薄壁型钢屋架甚至接近 $1/10$ 。

(4) 钢结构制造简便,施工周期短。组成钢结构的各个构件一般是在专业化的金属结构厂制作,施工机械化,准确度和精密度皆较高。钢结构所用的材料单纯而且是成材,加工制作比较简便。制成的构件运至现场,用螺栓或焊接进行拼接和吊装,安装方便,施工周期短。小量的钢结构和轻型钢结构还可以在现场就地制造,可用简便机具吊装。此外,对已建成的钢结构也比较容易进行加固和改扩建,用螺栓连接的结构还可以根据需要进行拆迁。

(二) 缺点

(1) 钢材耐热但不耐火。钢材长期经受 100°C 辐射热时,强度没有多大变化,具有一定的耐热性能。但当温度超过 200°C 后,会出现兰脆和徐变现象;达 600°C 时,钢材进入热塑性状态,将丧失承载能力。因此,设计规定钢材表面温度超过 150°C 后就需用隔热层加以保护,对有防火要求者,必须采用耐火材料加以保护。

(2) 钢材耐腐蚀性差,需要维护费用。钢材耐腐蚀的性能比较差,必须对结构采取防护措施。尤其是暴露在大气中的结构如桥梁等,更应特别注意。这使钢材材料结构维护费用比钢筋混凝土、砖石结构高。不过在无侵蚀性介质的一般厂房中,钢结构经过彻底除锈并涂上合格的油漆后,锈蚀问题并不严重。对处于湿度大,有侵蚀性介质环境中的结构,可采用具有较好抗锈蚀性能的耐候钢或不锈钢。

四、木结构

木结构是指全部或大部分用木材(方木、圆木、条木、板材等)制成的结构。由于木材

的资源匮乏，加之木结构楼层数少，土地利用率低，实际工程中已很少使用。木结构具有就地取材，制作简单，便于施工等优点。也具有易燃，易腐蚀和结构变形等缺点。

1.1.2 按组成房屋主体结构的形式分类

(1) 墙体结构。墙体结构是利用房屋的墙体（砖墙、砌块墙、钢筋混凝土墙、剪力墙等）作为竖向承重和抵抗水平荷载（如风荷载或水平地震作用）的结构，墙体同时也作为房屋的围护和分隔构件，如图 1-1 (a) 所示。

(2) 框架结构。由梁和柱以刚接或铰接相连而构成房屋的承重结构，并同时承受水平荷载。在材料上，既可用钢材制成钢框架结构，也可用混凝土制成钢筋混凝土框架结构。其中如梁和柱整体连接，其间不能自由转动，可以承受弯矩的称为刚接框架结构；如梁和柱非整体连接，其间可以自由转动，不能承受弯矩的称为铰接框架结构，如图 1-1 (b) 所示。

(3) 筒体结构及其框架—筒体结构。筒体结构是利用钢筋混凝土筒形墙体形成的封闭筒体（也可以利用房屋外围由间距很密的柱与截面很高的梁，组成一个形式上像框架，实质上是一个有许多窗洞的筒体）作为主要抵抗水平荷载的结构，还可以利用框架和筒体组合成框架—筒体结构，如图 1-1 (c) 所示。

(4) 错列桁架结构。利用一系列与楼层等高的桁架组成，桁架横向跨越房屋两排外柱之间，并利用承重桁架在垂直方向上交错跳层布置的方法增加整个房屋的刚度，也使楼层的布局更加灵活，这种结构体系称为错列桁架结构，如图 1-1 (d) 所示。

(5) 拱结构。以在一个平面内受力的，由曲线（或者折线）形构件组成的拱所形成的结构，来承受整个房屋的竖向荷载和水平荷载，如图 1-1 (e) 所示。

(6) 网架结构。由多根直线形杆件结构按照一定网格形式通过节点（焊接球节点、螺栓球节点、钢板节点）连接而成的空间结构。具有空间受力，刚度大、质量轻、跨度大、抗震性能好等优点，如图 1-1 (f) 所示。

(7) 空间薄壳结构。由曲面平板与边缘构件（梁、拱或桁架）组成的空间结构，能以较

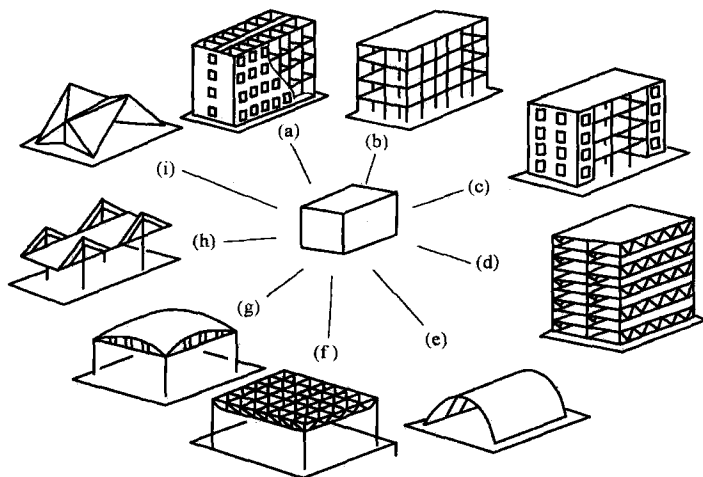


图 1-1 房屋主体结构的各种形式

(a) 墙体结构；(b) 框架结构；(c) 筒体结构（也是框架—筒体结构）；(d) 错列桁架结构；
(e) 拱结构；(f) 网架结构；(g) 空间薄壳结构；(h) 钢索结构；(i) 空间折板结构

薄的板面形成承载能力高、刚度大的承重结构，能覆盖大跨度的空间而无需中间支柱，如图 1-1 (g) 所示。

(8) 钢索结构。楼面荷载通过吊索或者吊杆传递到支承柱上去，再由柱传递到基础的结构，如图 1-1 (h) 所示。

(9) 空间折板结构。由若干狭长的薄板以一定角度相交连成折线形的空间薄壁结构，是一种既能承重又可围护，用料较省，刚度较大的薄壁结构，如图 1-1 (i) 所示。

1.2 建筑结构的应用

1.2.1 混凝土结构的工程应用

1824 年，英国人阿斯普丁发明硅酸盐水泥，距今仅 180 多年。1850 年，法国人朗波制造了第一艘钢筋混凝土小船。1872 年，在纽约建造了第一座钢筋混凝土房屋，混凝土结构开始在工程中实际应用，和砖石结构、钢木结构相比，它的历史并不长，但发展非常迅速，已成为现代工程建设中应用最广泛的结构之一。混凝土结构的应用范围如下：

一、房屋建筑工程

在房屋建筑工程中，多层住宅、办公楼、教学楼等大多采用砌体结构作为竖向承重构件，但其楼板和屋面板几乎全部采用预制钢筋混凝土楼板或现浇钢筋混凝土楼盖；多层厂房一般采用现浇钢筋混凝土梁、板、柱框架结构；高层或小高层住宅则大多采用钢筋混凝土剪力墙结构；单层工业厂房多采用预制钢筋混凝土基础、柱、屋架或屋面梁以及大型屋面板；高层和超高层建筑采用钢筋混凝土体系也获得很大发展。目前，采用钢筋混凝土结构体系建造的高度位于前列的高层建筑主要有：马来西亚石油双塔楼，88 层，高 452m；香港中环广场大厦，78 层，高 374m；广州中天广场大厦，80 层，高 322m；美国芝加哥双咨询大楼，64 层，高 303m；上海的金茂大厦，88 层，高 421m 等。

二、桥梁工程

在桥梁工程中，中小跨度桥梁绝大部分采用钢筋混凝土结构建造。拱桥方面，我国混凝土拱桥建设居世界领先地位。1996 年建成的广西邕宁邕江拱桥，跨度为 312m，采用钢管混凝土作骨架浇筑成混凝土箱形截面，钢管不外露，为劲性混凝土结构；1997 年建成的四川万县长江大桥，也是采用钢管混凝土作骨架浇筑成三室单箱截面上承式拱桥，跨长 420m。刚架桥方面，1997 年建成通车的我国虎门大桥由东引桥、主桥、中引桥、辅航道桥和西引桥组成，其中辅航道桥为两座单桥组成，都为单室单箱预应力混凝土连续刚架桥，行车道宽 14.25m，跨度达到 270m。斜拉桥方面，虽然采用钢悬索或钢制斜拉索，但其桥墩、塔桥和桥面仍采用钢筋混凝土结构。1993 年建成通车的上海杨浦组合斜拉桥，主跨 602m，采用混凝土面板与钢加劲大梁共同工作；1997 年建成的香港青马大桥，跨度 1377m，桥体为悬索结构，支承悬索的两端塔高 203m，为钢筋混凝土结构；1997 年建成的江阴长江大桥，主跨 1385m。

三、水利工程

在水利工程中，水利枢纽中的水电站、拦洪坝、引水渡槽、污水排灌管也大都采用混凝土结构。世界最高的重力坝为瑞士大狄克桑斯坝，高 285m；我国大坝建设也已达到国际先进水平，长江三峡水利枢纽大坝为重力坝，高度 190m，设计装机容量 1860 万千瓦，为世界

最大的水利发电站。四川二滩双曲拱坝于 1998 年建成投产, 坝高 242m, 装机容量 330 万千瓦; 黄河小浪底水利枢纽中小浪底大坝高 154m, 主体工程中混凝土用量达 269 万 m^3 。我国还将建造高度达 290m 的四川溪洛渡及其他高坝, 已经开工的南水北调工程是一项跨世纪的宏伟工程, 沿线建有很多预应力混凝土渡槽、混凝土水闸等。

四、隧道工程

在隧道工程中, 我国新中国成立以来修建了总长 2500km 的铁道隧道, 其中成昆铁路线中就有隧道 427 座, 总长 341km, 占线路长度的 31.5%; 到 2007 年修建公路隧道 4673 座, 总长 2555.5km。2009 年建成的上海长江隧道长 8.9km; 北京、上海、天津、广州、南京等城市已建或在建的地铁以及穿越长江的江底隧道大多采用盾构法和预制钢筋混凝土构件衬砌施工技术。

五、特种结构

如电线杆、烟囱、水塔、筒仓、储水池、储罐、电视塔、核电站反应堆安全壳、近海采油平台等也多用混凝土结构建造。山西云岗建成两座预应力混凝土煤仓, 容量 6 万 t; 日本建成的地下液化天然气储罐容量已达 20 万 m^3 ; 由于滑模施工技术的发展, 许多高耸建筑可以采用混凝土结构, 宁波北仑火力发电厂建有高度达 270m 筒中筒结构的烟囱; 加拿大多伦多电视塔, 高 553.3m; 上海东方明珠电视塔也是由三个钢筋混凝土筒体组成独特造型, 高 468m。

随着对混凝土和钢材性能的深入研究和电子计算机的应用, 各种高强混凝土、轻质混凝土和高强钢筋正得到迅速发展。由于将电子计算机、有限元法和现代化的测试技术引入到钢筋混凝土的理论和试验研究中来, 使得钢筋混凝土的计算理论和设计方法正日趋完善, 并向更高阶段发展, 因此钢筋混凝土结构的应用跨度和高度都将不断增加。

1.2.2 砌体结构的工程应用

砌体结构具有极其广泛的应用范围, 我国大约 90% 的民用建筑采用砌体结构。

一、房屋建筑工程

一般民用建筑中的基础、内外墙、柱、过梁等构件都可用砌体结构。由于砖砌体质量的提高及计算理论和计算方法的逐步完善, 住宅、办公楼等 5~6 层高的房屋, 采用以砖砌体承重的混合结构非常普遍, 不少城市已建到 7~8 层; 重庆市 20 世纪 70 年代建成了高达 12 层的以砌体承重的住宅楼。利用配筋砌块, 我国各地建造了不少的砌体高层建筑, 1983 年、1986 年南宁建成了配筋砌块 10 层住宅楼和 11 层办公楼; 1988 年本溪用煤矸石混凝土砌块配筋建成了一批 10 层住宅楼; 1997 年在辽宁盘锦市建成一栋 15 层配筋砌块剪力墙式住宅楼; 1998 年上海建成了一栋配筋砌块剪力墙 18 层塔楼, 这是我国最高的 18 层砌块高层房屋, 而且是建在 7 度抗震设防的地区; 2000 年抚顺建成一栋 6.6m 大开间 12 层配筋砌块剪力墙板式住宅楼; 2001 年哈尔滨阿继科技园建成了 12 层配筋砌块房屋, 其最后一幢 18 层砌块高层也已建成。

在某些盛产石材地区, 还建有不少以毛石或料石作承重墙的房屋, 但一般在 6 层以下。

二、工业建筑

工业建筑中, 通常用砌体砌筑围护墙, 对于中、小型厂房和多层轻工业厂房以及仓库等建筑, 也较广泛地采用砌体作墙身或立柱的承重结构。工业企业中的烟囱、料斗、地沟、管道支架和对抗渗要求不高的水池等特殊构件也可用砌体建造。农村建筑如粮仓、跨度不大的

加工厂房也可用砌体结构建造。如在江苏省镇江市建成的顶部外径 2.18m、底部外径 4.78m、高 60m 的砖砌烟囱；用料石建成的 80m 排气塔；在湖南建造的高 12.4m、直径 6.3m、壁厚 240mm 的砖砌粮仓群等。

三、交通工程

在交通运输方面，砌体可用于建造桥梁、隧道、涵洞、挡土墙等。如 1971 年建成的四川丰都九溪沟变截面敞肩式公路石拱桥，跨度为 116m；2000 年建成的位于山西省晋城—焦作高速公路上的丹河石拱桥，净跨度达 146 m，是目前世界上跨度最大的石拱桥。

四、水利工程

在水利工程方面，可用石材砌筑水坝、围堰、渡槽等。如著名的河南林州市长达 1500 km 的引水灌溉工程红旗渠也大量采用石砌渡槽；在福建用石砌体建成横跨云霄、东山两县的大型引水工程，其中陈岱渡槽全长超过 4400m，高 20m，渡槽支墩共 258 座。

随着新材料、新技术和新结构的不断研发和应用，砌体结构计算理论和计算方法的逐步完善，砌体结构必将在建筑、交通、水利等领域中，发挥其更重要的作用。

1.2.3 钢结构的工程应用

根据钢结构具有的特点，钢结构的应用范围如下。

一、大跨度结构

结构跨度越大，自重在全荷载中所占的比重就越大，减轻结构自重可以获得明显的经济效益。钢材强度高、结构质量轻的优点正好适合于大跨度建筑结构和跨度桥梁结构。北京人民大会堂的钢屋架、各地体育馆的悬索结构、钢网架和网壳，陕西秦始皇墓陶俑陈列馆的三铰拱架都是大跨度屋盖的具体例子。很多大型体育馆屋盖结构的跨度都已超过 100m，1998 年建造的长春体育馆，采用了两个部分球壳组成的长轴 191.68m，短轴 146m 的方钢管拱壳屋盖结构，高 40.67m。1968 年建成的我国第一座铁路公路两用的南京长江大桥，最大跨度 160m，其后在九江和芜湖建成的长江大桥跨度分别是 216m 和 312m；而长江上的公路桥跨度更大，有 1088m 的苏通斜拉桥，1490m 的润扬悬索桥等。

二、重型厂房结构

重型厂房是指吊车的起重质量大（常在 100t 以上，有的达到 440t）或其工作较繁重的车间。这些车间的主要承重骨架往往全部或者部分采用钢结构。如宝山钢铁公司很多车间、各冶金工厂和重型机械制造厂的车间等。另外，有强烈辐射热的车间也常采用钢结构。

三、受动力荷载影响的结构

由于钢材具有良好的韧性，设有较大锻锤或产生动力作用的其他设备的厂房，即使屋架跨度不是很大，也往往用钢材制成。对于抗震能力要求高的结构，采用钢结构也是比较适宜的。

四、高层和超高层建筑

高层和超高层建筑的骨架，也是钢结构应用范围的一个方面，深圳赛格广场大厦 70 层、高 279m，为世界上最高的全部采用钢管混凝土的超高层建筑；上海浦东世界环球金融中心大厦，101 层，高 492m；正在建造的“上海中心”，118 层，高 580m。

五、高耸结构

高耸结构包括塔架和桅杆结构，如高压输电线路的塔架、广播、通信和电视发射用的塔架和桅杆、火箭发射塔架等。上海的东方明珠电视塔高达 468m，1977 年建成的北京环境气

象塔高 325m, 是五层拉线的桅杆结构。

六、可拆卸的结构

钢结构不仅质量轻, 还可以用螺栓或其他便于拆装的手段来连接, 因此非常适用于需要搬迁的结构, 如建筑工地、油田和需野外作业的生产和生活用房的骨架, 临时性展览馆等, 钢结构最为适宜。钢筋混凝土结构施工用的模板支架, 现在也趋向于用工具式的钢桁架代替。

七、容器和其他构筑物

用钢板焊成的容器具有密封和耐高压的特点, 广泛用于冶金、石油、化工企业中, 包括油罐、煤气罐、高炉、热风炉等, 此外, 经常使用的还有皮带通廊栈桥、管道支架、井架、水闸的闸门、各种管道, 以及海上采油平台等其他钢构筑物。

八、轻型钢结构

钢结构质量轻不仅对大跨度结构有利, 对使用荷载特别轻的小跨结构也有优越性。因为使用荷载特别轻时, 小跨结构的自重也成为一个重要因素。冷弯薄壁型钢屋架在一定条件下的用钢量可比钢筋混凝土屋架的用钢量还少。轻型门式钢架因其轻便和安装迅速得以广泛应用。如安徽芜湖 951 一期工程的厂房 (长 315m, 宽 240m, 建筑面积达 7.56 万 m^2)、浙江吉利建成的临海机车工业公司厂房 (14.5 万 m^2) 等工程均采用了轻型钢结构。

随着科学技术的发展和新材料、新连接方式、新设计方法的出现, 钢结构的新型结构体系、应用范围将会有新的突破和拓展。

1.3 本课程的主要内容、任务和学习方法

本课程属于学科的基础课, 主要介绍建筑结构中常用材料的力学性能和结构设计方法, 并较全面地介绍钢筋混凝土结构构件的设计计算、砌体结构的设计计算和钢结构构件和连接的设计计算。主要内容包括: 钢筋混凝土的材料、结构计算原则、钢筋混凝土基本构件 (受弯、受剪、受拉和受压构件) 承载力的计算、钢筋混凝土构件的变形和裂缝宽度验算、预应力混凝土结构的基础知识、钢筋混凝土现浇楼盖设计和钢筋混凝土框架结构; 砌体的力学性能, 砌体构件的承载力计算、墙体及过 (圈) 梁的布置计算; 钢结构的材料和连接、钢柱和钢梁等。

本课程的教学目的是使学生通过课程的学习, 能熟知相关的基础概念, 掌握建筑结构的基本理论和知识, 学会结构设计计算的方法, 并在学习过程中逐步熟悉和正确运用我国颁布的一些设计规范和设计规程; 熟悉结构计算的基本方法步骤、掌握建筑结构的基本构件及楼盖的设计计算; 能对结构构件进行截面设计、承载力复核, 包括材料选择、结构方案、构件选型、配筋计算和构造等。通过本课程的学习和课程设计等实践性教学环节, 使学生初步运用这些理论知识正确进行课程设计 (钢筋混凝土现浇楼盖设计) 和解决工程中实际问题的能力。

建筑结构构件的基本理论和计算方法是建立在科学实验的基础上的。但由于材料物理力学性能的复杂性, 目前还没有建立起完善的强度理论, 因此对实验的依赖性更强。所以, 学习过程中要重视构件的实验研究, 了解实验中的规律现象, 理解建立公式时所采用的基本假定和实验依据, 应用公式时要注意适用范围和限制条件。除课堂学习以外, 还要加强实验的

教学环节,以进一步理解学习内容和训练实验的基本技能。当有条件时,可进行简支梁正截面受弯承载力、斜截面受剪承载力、偏心受压短柱正截面受压承载力的实验。

本课程的特点是内容多、符号多、系数多、计算公式多、构造规定也多,学习时要深刻理解重要的概念,熟练掌握设计计算的基本功,切忌死记硬背、生搬硬套,要突出重点并注意难点的学习。另外,由于构件设计计算涉及结构方案、构件选型、材料选择、构造、施工方案等,这是一个综合性的问题。对同一问题,往往有多种方案或解决办法,需综合考虑使用要求、材料供应、施工条件和经济效益等各种因素,从中选择较优的方案。此外,本课程的知识还需要课后动手练习来帮助巩固加以理解,教材的每一章均提供一定数量的习题,可供学生选用。习题应在复习了教学内容、理解例题后再动手做,切忌边做题边看例题。习题的正确答案往往不是唯一的,这也是本课程与一般的数学、力学课程所不同的。本课程的实践性很强,应经常到附近的建筑工地去看一看,用尺子量一量,对结构和构件增加感性认识,甚至可以结合具体工程,运用学过的知识,复核一下其结构设计是否安全、经济。

构造要求是长期科学实验和工程实践经验的总结,是对计算必不可少的补充,在设计结构和构件时,计算和构造是同样重要的,因此,要充分重视对构造要求的学习,并注意理解构造原理。

建筑结构是一门发展很快的应用科学,学习时要注意它的新动向和新成就,不断扩大知识面。

思 考 题

- 1-1 何谓建筑结构?
- 1-2 钢筋混凝土结构有哪些优点和缺点?其应用范围是什么?
- 1-3 钢筋混凝土结构是由两种物理力学性质不同的材料组成的,为什么能共同工作?
- 1-4 砌体结构有哪些优点和缺点?其应用范围是什么?
- 1-5 钢结构有哪些优点和缺点?其应用范围是什么?
- 1-6 按组成房屋主体结构的形式,建筑结构可分为哪几类?