



普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材

混凝土结构与 砌体结构

主 编 姚 琦

副主编 付春松 宋玉峰 李 琪



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材

混凝土结构与砌体结构

主 编 姚 琦

副主编 付春松 宋玉峰 李 琪

书 名	混凝土结构与砌体结构
编 者	姚琦
副 编 者	付春松 宋玉峰 李琪
出 版 社	中国水利水电出版社
社 址	北京市三里河路
电 话	010-68393647
网 址	www.waterpub.com.cn
定 价	28.00元
印 次	2012年1月第1版
印 数	10000册
印 厂	北京印刷厂
书 号	ISBN 978-7-118-08119-9

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材针对高职高专土建类专业编写,以土建专业工学结合的人才培养模式为基础,按照专业人才培养目标对“混凝土结构与砌体结构”课程的基本教学要求,简化理论,列举实例,突出结论,依据新版《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)等编写的。

本教材以模块、任务类教材的基本框架构成,从学生好用、实用、够用的角度出发,突出案例,创新形式,体现知识与能力的结合,力求反映职业教育的教材特点。

本教材内容包括:绪论、混凝土结构基本知识、混凝土结构基本构件、钢筋混凝土梁板结构、多层及高层房屋。

本教材主要作为高职高专院校及成人教育土建类专业教材,也可作为岗位培训教材或供土建相关工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构与砌体结构 / 姚琦主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2012. 3
普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-9401-2

I. ①混… II. ①姚… III. ①混凝土结构—高等职业教育—教材②砌体结构—高等职业教育—教材 IV.
①TU37②TU36

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第018190号

书 名	普通高等教育高职高专土建类“十二五”规划教材 混凝土结构与砌体结构
作 者	主编 姚琦 副主编 付春松 宋玉峰 李琪
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68357658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 17.5印张 415千字
版 次	2012年3月第1版 2012年8月第2次印刷
印 数	3001—6000册
定 价	35.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

普通高等教育高职高专土建类 “十二五”规划教材

参编院校及单位

安徽工业经济职业技术学院

滨州职业学院

重庆建筑工程职业学院

甘肃工业职业技术学院

甘肃林业职业技术学院

广东建设职业技术学院

广西经济干部管理学院

广西机电职业技术学院

广西建设职业技术学院

广西理工职业技术学院

广西交通职业技术学院

广西水利电力职业技术学院

河北交通职业技术学院

河北省交通厅公路管理局

河南财政税务高等专科学校

河南工业职业技术学院

黑龙江农垦科技职业学院

湖南城建集团

湖南交通职业技术学院

淮北职业技术学院

淮海工学院

金华职业技术学院

九江学院

九江职业大学

兰州工业高等专科学校

辽宁建筑职业技术学院

漯河职业技术学院

内蒙古河套大学

内蒙古建筑职业技术学院

南宁职业技术学院

宁夏建设职业技术学院

山西长治职业技术学院

山西水利职业技术学院

石家庄铁路职业技术学院

太原城市职业技术学院

太原大学

乌海职业技术学院

烟台职业学院

延安职业技术学院

义乌工商学院

甬江大学

浙江工商职业技术学院

本 册 编 委 会

本册主编：姚琦

本册副主编：付春松 宋玉峰 李琪

序



“十二五”时期，高等职业教育面临新的机遇和挑战，其教学改革必须动态跟进，才能体现职业教育“以服务为宗旨、以就业为导向”的本质特征，其教材建设也要顺应时代变化，根据市场对职业教育的要求，进一步贯彻“任务导向、项目教学”的教改精神，强化实践技能训练、突出现代高职特色。

鉴于此，从培养应用型技术人才的期许出发，中国水利水电出版社于2010年启动了土建类（包括建筑工程、市政工程、工程管理、建筑设备、房地产等专业）以及道路桥梁工程等相关专业高等职业教育的“十二五”规划教材，本套“普通高等教育高职高专土建类‘十二五’规划教材”编写上力求结合新知识、新技术、新工艺、新材料、新规范、新案例，内容上力求精简理论、结合就业、突出实践。

随着教改的不断深入，高职院校结合本地实际所展现出的教改成果也各不相同，与之对应的教材也各有特色。本套教材的一个重要组织思想，就是希望突破长久以来习惯以“大一统”设计教材的思维模式。这套教材中，既有以章节为主体的传统教材体例模式，也有以“项目—任务”模式的“任务驱动型”教材，还有基于工作过程的“模块—课题”类教材。不管形式如何，编写目标均是结合课程特点、针对就业实际、突出职业技能，从而符合高职学生学习规律的精品教材。主要特点有以下几方面：

(1) 专业针对性强。针对土建类各专业的培养目标、业务规格（包括知识结构和能力结构）和教学大纲的基本要求，充分展示创新思想，突出应用技术。

(2) 以培养能力为主。根据高职学生所应具备的相关能力培养体系，构建职业能力训练模块，突出实训、实验内容，加强学生的实践能力与操作技能。

(3) 引入校企结合的实践经验。由企业的工程技术人员参与教材的编写，将实际工作中所需的技能与知识引入教材，使最新的知识与最新的应用充实到教学过程中。

(4) 多渠道完善。充分利用多媒体介质，完善传统纸质介质中所欠缺的表达方式和内容，将课件的基本功能有效体现，提高教师的教学效果；将光盘的容量充分发挥，满足学生有效应用的愿望。

本套教材适用于高职高专院校土建类相关专业学生使用，亦可为工程技术人员参考借鉴，也可作为成人、函授、网络教育、自学考试等参考用书。本套丛书的出版对于“十二五”期间高职高专的教材建设是一次有益的探索，也是一次积累、沉淀、迸发的过程，其丛书的框架构建、编写模式还可进一步探讨，书中不妥之处，恳请广大读者和业内专家、教师批评指正，提出宝贵建议。

编委会

2011年12月

前 言



高职教育是我国高等教育和职业教育的重要组成部分，在建设人力资源强国和高等教育强国的伟大进程中肩负着重要使命，并具有不可替代的作用。高职院校是以培养生产、建设、管理和服务第一线专科层次的高素质技能型专门人才为根本任务。

本书是高职高专教育建筑工程类规划教材之一，依据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)编写。本教材根据高职高专教育教学的特点，围绕高职高专应用型人才的培养目标，以应用性、实用性为目的，精选教学内容，重视学生能力的训练和培养，充分体现结构课程为施工服务的意识，并借鉴有关院校在建筑结构教学改革方面的优秀成果，从而构建起合理的知识和能力结构体系。

本教材共分4个模块。模块1混凝土结构基本知识，包括建筑结构基本计算原理，钢筋混凝土的概念及材料力学性能；模块2混凝土结构基本构件，包括受弯构件承载力计算与构造，钢筋混凝土拉压构件承载力计算，钢筋混凝土受扭构件承载力计算，钢筋混凝土构件变形与裂缝计算，预应力混凝土构件；模块3钢筋混凝土梁板结构，包括楼屋盖和楼梯、雨篷和挑檐的受力特点及构造要求；模块4多层及高层房屋，包括建筑结构抗震基本知识，砌体结构，钢筋混凝土框架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构。本教材在实践性教学环节上配有大作业及课程设计任务书，并有完整的案例。

本教材由广西建设职业技术学院姚琦任主编，付春松、宋玉峰、李琪任副主编。具体编写分工如下：绪论、模块2课题1任务4由姚琦编写；模块1课题1、课题2，模块4课题2由温世臣编写；模块2课题1任务1和任务2由宋玉峰编写；模块2课题1任务3由李巍娜编写；模块2课题2至课题4由孙义刚编写；模块3和模块4课题1由李琪编写；模块4课题3至课题5由付春松编写。

由于编者水平有限，书中不妥之处恳望读者批评指正。

编者

2011年12月

目 录

序	
前言	
绪论	1
任务 1 认识建筑结构及其类型	1
任务 2 了解混凝土结构在我国的发展简况	4
任务 3 了解“混凝土结构与砌体结构”课程的内容和学习方法	4
模块 1 混凝土结构基本知识	
课题 1 混凝土结构的设计方法	6
任务 1 结构的功能要求及设计	6
任务 2 结构上的作用、作用效应及结构抗力	9
任务 3 概率极限状态实用设计表达式的应用	11
课题 2 混凝土结构的常用材料	18
任务 1 钢筋的分类、级别及力学性能	18
任务 2 混凝土强度等级的划分和选择	23
任务 3 钢筋与混凝土的相互作用与选用	29
模块 2 混凝土结构基本构件	
课题 1 钢筋混凝土受弯构件	33
任务 1 梁、板的知识准备	33
任务 2 受弯构件正截面承载力计算	39
任务 3 受弯构件斜截面承载力计算	63
任务 4 钢筋混凝土构件变形及裂缝验算	81
课题 2 钢筋混凝土受扭构件	85
任务 1 了解钢筋混凝土受扭构件	85
课题 3 钢筋混凝土受压构件	91
任务 1 知识准备	91
任务 2 轴心受压构件承载力计算	93
任务 3 偏心受压构件承载力计算	96
课题 4 预应力混凝土构件	103

任务 1 认识预应力混凝土构件	103
-----------------	-----

模块 3 钢筋混凝土梁板结构

课题 1 楼盖的类型	116
------------	-----

课题 2 单向板肋梁楼盖	120
--------------	-----

任务 1 结构平面布置与构件尺寸的初步确定	120
-----------------------	-----

任务 2 确定单向板肋梁楼盖的计算简图	122
---------------------	-----

任务 3 连续梁、板的内力计算	127
-----------------	-----

任务 4 单向板肋梁楼盖的截面设计与构造要求	134
------------------------	-----

课题 3 双向板肋梁楼盖	147
--------------	-----

任务 1 双向板楼盖的受力特点	147
-----------------	-----

任务 2 双向板楼盖的计算简图	148
-----------------	-----

任务 3 双向板楼盖的构造要求	152
-----------------	-----

课题 4 楼梯	154
---------	-----

任务 1 板式楼梯的受力特点及构造要求	154
---------------------	-----

任务 2 梁式楼梯的受力特点及构造要求	160
---------------------	-----

模块 4 多层及高层房屋

课题 1 混凝土结构抗震基本知识	171
------------------	-----

任务 1 地震的基本知识	171
--------------	-----

任务 2 地震的震级与烈度	173
---------------	-----

任务 3 建筑抗震设防分类和设防标准	176
--------------------	-----

任务 4 抗震概念设计的基本要求	180
------------------	-----

课题 2 砌体结构	185
-----------	-----

任务 1 认识砌体结构	185
-------------	-----

任务 2 砌体结构的一般设计过程	188
------------------	-----

任务 3 砌体结构的构造	197
--------------	-----

任务 4 熟悉砌体结构的基本抗震构造措施	204
----------------------	-----

课题 3 钢筋混凝土框架结构	213
----------------	-----

任务 1 多层框架的结构布置	213
----------------	-----

任务 2 确定框架杆件的截面尺寸和框架计算简图	217
-------------------------	-----

任务 3 分析框架主体结构上的荷载	220
-------------------	-----

任务 4 荷载作用下框架梁柱的内力与侧移的近似计算方法	222
-----------------------------	-----

任务 5 荷载效应组合	226
-------------	-----

任务 6 构件设计要点	227
-------------	-----

任务 7 掌握现浇框架的一般构造要求	228
--------------------	-----

任务 8 现浇框架施工图的识读	235
课题 4 钢筋混凝土剪力墙结构	241
任务 1 剪力墙的结构布置	241
任务 2 剪力墙结构的平面协同工作	242
任务 3 剪力墙的受力特点	246
任务 4 剪力墙分类的判别	249
任务 5 剪力墙的截面设计和构造要求	250
任务 6 剪力墙结构施工图的识读	258
课题 5 钢筋混凝土框架—剪力墙结构	262
任务 1 结构布置	262
任务 2 框架—剪力墙结构受力特点的分析	264
任务 3 框架—剪力墙的构造要求	267
参考文献	269

绪 论

任务 1 认识建筑结构及其类型

【学习内容】

1. 建筑结构的概念

在房屋建筑中,由构件组成的能承受荷载作用的体系称为建筑结构,即若干个单元所组成的结构骨架。

基本(单元)构件有以下 5 种。

板:提供活动面,直接承受并传递荷载。

梁:板的支承构件,承受板传来的荷载并传递。

柱:承受楼面体系(梁、板)传来的荷载并传递。

墙:承受楼面体系(梁、板)传来的荷载并传递。

基础:将柱及墙等传来的上部结构荷载传给地基。

2. 建筑结构类型的划分及应用概况

2.1 按结构所用材料不同分类

2.1.1 混凝土结构

混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构,其中钢筋混凝土结构应用最为广泛。除一般工业与民用建筑,如多层与高层住宅、旅馆、办公楼、单层工业厂房外,还用于水塔、剧院等。混凝土结构的主要优点是强度高、整体性好、耐久性与耐火性好、易于就地取材、具有良好的可模性等。主要缺点是自重重大、抗裂性差、施工环节多、工期长等。随着科学技术与生产的发展,钢筋混凝土的这些缺点正在逐步得到克服。

2.1.2 钢结构

钢结构是由钢板、型钢等钢材通过有效的连接方式所形成的结构,广泛应用于工业建筑及高层建筑结构中。随着我国建筑经济的迅速发展,钢产量的大幅度增加,钢结构的应用领域有了较大的扩展。可以预计,钢结构在我国将得到越来越广泛的应用。

钢结构与其他结构形式相比,其主要优点是强度高、结构自重轻、材质均匀、可靠性好、施工简单、工期短、具有良好的抗震性能。主要缺点是易腐蚀、耐火性差、工程造价和维护费用较高。



2.1.3 砌体结构

砌体结构是由块材和砂浆等胶结材料砌筑而成的结构,包括砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构,广泛应用于多层民用建筑。其主要优点是易于就地取材、耐久性与耐火性好、施工简单、造价低。主要缺点是强度(尤其是抗拉强度)低、整体性差、结构自重大、工人劳动强度高等。

2.1.4 木结构

木结构是指全部或大部分用木材料建造的结构。由于木材生长受自然条件的限制,砍伐木材对环境的不利影响,以及易燃、易腐、结构变形大等因素,目前已较少采用,本书对木结构将不再叙述。

2.2 按承重结构类型不同分类

2.2.1 砖混结构

砖混结构是指由砌体和钢筋混凝土材料制成的构件所组成的结构。通常,房屋的楼(屋)盖由钢筋混凝土的梁、板组成,竖向承重构件采用砌体材料,主要用于层数不多的住宅、宿舍、办公楼、旅馆等民用建筑,详见图 1。

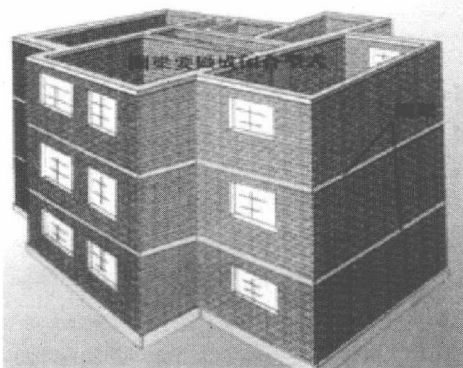


图 1 砖混结构



图 2 框架结构

2.2.2 框架结构

框架结构是指由梁和柱为主要构件组成的承受竖向和水平作用的结构。目前我国框架结构多采用钢筋混凝土建造。框架结构的建筑平面布置灵活,与砖混结构相比具有较高的承载力、较好的延性和整体性、抗震性能较好等优点,因此在工业与民用建筑中获得了广泛应用。但框架结构仍属柔性结构,侧向刚度较小,其合理建造高度一般为 30m 左右,详见图 2。

2.2.3 框架—剪力墙结构

框架—剪力墙结构是指在框架结构内纵横方向适当位置的柱与柱之间,布置厚度不小于 160mm 的钢筋混凝土墙体,由框架和剪力墙共同承受竖向和水平作用的结构。这种结构体系结合了框架和剪力墙各自的优点,目前广泛使用于 20 层左右的高层建筑中,详见图 3。

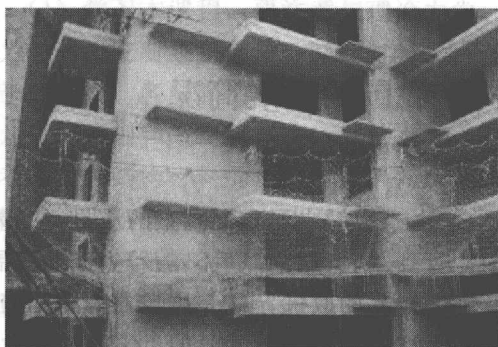


图3 框架—剪力墙结构



图4 剪力墙结构

2.2.4 剪力墙结构

剪力墙结构是指房屋的内、外墙都做成实体的钢筋混凝土墙体，利用墙体承受竖向和水平作用的结构。这种结构体系的墙体较多，侧向刚度大，可建造比较高的建筑物，目前广泛使用于住宅、旅馆等小开间的高层建筑中，详见图4。

2.2.5 筒体结构

筒体结构是指由单个或多个筒体组成的空间结构体系，其受力特点与一个固定于基础上的筒形悬臂构件相似。一般可将剪力墙或密柱深梁式的框架集中到房屋的内部或外围形成空间封闭的筒体，使整个结构具有相当大的抗侧刚度和承载能力。根据筒体不同的组成方式，筒体结构可分为框架—筒体、筒中筒、组合筒3种结构形式，详见图5。



图5 筒体结构

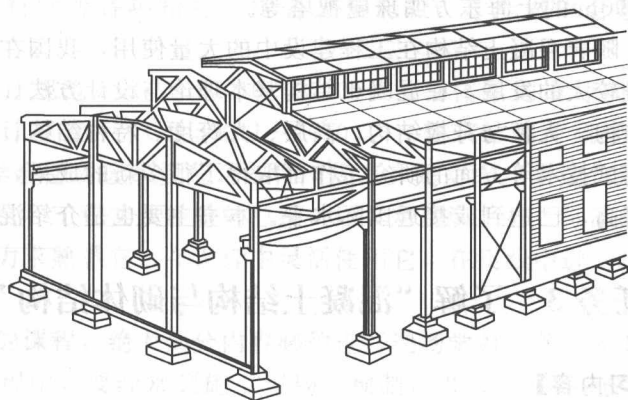


图6 排架结构

2.2.6 排架结构

排架结构是指由屋架（或屋面梁）、柱和基础组成，且柱与屋架铰接、与基础刚接的结构。多采用装配式体系，可以用钢筋混凝土或钢结构建造，广泛用于单层工业厂房建筑，详见图6。

此外，按承重结构的类型不同，还可分为深梁结构、拱结构、网架结构、钢索结构、



空间薄壳结构等，本书不再一一叙述。

任务2 了解混凝土结构在我国的发展简况

【学习内容】

混凝土结构是在 19 世纪中期开始得到应用的，由于当时水泥和混凝土的质量都很差，同时设计计算理论尚未建立，所以发展比较缓慢。直到 19 世纪末以后，随着生产的发展，以及试验工作的开展、计算理论的研究、材料及施工技术的改进，这一技术才得到了较快的发展。目前已成为现代工程建设中应用最广泛的建筑材料之一。在 19 世纪末 20 世纪初，我国也开始有了钢筋混凝土建筑物，如上海市的外滩、广州市的沙面等，但工程规模很小，建筑数量也很少。1949 年新中国成立以后，我国在落后的国民经济基础上进行了大规模的社会主义建设。随着工程建设的发展及国家进一步的改革开放，混凝土结构在我国各项工程建设中得到迅速的发展和广泛的应用。

1978 年冬改革开放后，混凝土高层建筑在我国也有了较大的发展。继 20 世纪 70 年代北京饭店、广州白云宾馆和一批高层住宅（如北京前三门大街、上海漕溪路住宅建筑群）的兴建以后，80 年代，高层建筑的发展加快了步伐，结构体系更为多样化，层数增多，高度加大，已逐步在世界上占据领先地位。

在大跨度的公共建筑和工业建筑中，常采用钢筋混凝土桁架、门式刚架、拱、薄壳等结构形式。在工业建设中已经广泛采用了装配式钢筋混凝土及预应力混凝土。此外，如电视塔、水塔、水池、冷却塔、烟囱、储罐、筒仓等特殊构筑物也普遍采用了钢筋混凝土和预应力混凝土。如 9 度抗震设防、高 380m 的北京中央电视塔、高 405m 的天津电视塔、高 490m 的上海东方明珠电视塔等。

随着混凝土结构在工程建设中的大量使用，我国在混凝土结构方面的科学研究工作已取得较大的发展。在混凝土结构基本理论与设计方法、可靠度与荷载分析、单层与多层厂房结构、大板与升板结构、高层、大跨度、特种结构、工业化建筑体系、结构抗震及现代化测试技术等方面的研究工作都取得了很多新的成果，基本理论和设计工作的水平有了很大提高，已达到或接近国际水平。本书主要也是介绍混凝土结构。

任务3 了解“混凝土结构与砌体结构”课程的内容和学习方法

【学习内容】

混凝土结构是我国工业与民用建筑中应用最为广泛的结构类型，混凝土结构的知识是从事建筑工程的设计、施工、管理、养护维修及科学研究等专业技术人员必备的专业知识。因此，“混凝土结构与砌体结构”课程一直是土木工程专业一门重要的主干课程。本课程着重培养学生对建筑结构基本构件及整个建筑结构受力状况的认识，通过对本课程的学习，使学生熟练掌握钢筋混凝土结构、砌体结构的基本知识，具备在一般工业与民用建筑的施工及管理中正确处理常见结构问题的能力，以及进行简单结构设计的能力。学习时应注意以下问题。



(1) 学习本课程,要注意与理论力学、材料力学、结构力学的区别与联系。首先,材料力学的研究对象是匀质、弹性材料,而建筑结构中所用的材料(除钢材外),大部分是属于非匀质、各向异性材料,如钢筋混凝土、砌体是非匀质、非弹性材料。但它们都是通过几何、物理和平衡关系来建立基本方程的,只不过在研究每一种关系的具体内容上要充分考虑建筑结构材料的性能特点。其次,建筑结构的内力分析和变形计算是在结构力学的基础上考虑结构自身特点建立起的一套内力分析和变形计算方法。

(2) 建筑结构构件的计算方法,绝大部分是建立在实验的基础上,除了课堂学习以外,还要加强对实验环节的理解和掌握,以便进一步理解学习内容和训练实验的基本技能。特别是钢筋混凝土和砌体构件,由于所用材料的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,对实验的依赖性很强。因此,要特别注意建筑结构构件计算公式中的适用范围和限制条件。

(3) 本课程的内容多、符号多、计算公式多,学习时要求熟练掌握、深刻理解一些重要的概念,并在今后的学习中不断地深入理解。要贯彻“少而精”的原则,突出重点内容的学习,熟练掌握设计计算的基本功,切忌死记硬背。

(4) 本课程所涉及的构造要求众多。所谓构造,是指无法计算确定,但通过实验和工程实践证明不可缺少的那一部分,是对结构计算必不可少的补充。在对结构和构件设计计算时,计算与构造要求同样重要,因此,要充分重视对构造要求的学习,并注意弄清其中的道理。

(5) 要注意培养综合分析问题的能力。本课程不仅要解决构件的强度、变形问题,还要解决结构设计问题,如结构方案、构件选型、材料选择及构造要求等。结构设计是一个综合性的问题,需要考虑多方面的因素。因此,实际中往往需要通过试算、调整,同时进行适用性、材料、造价、施工的可行性等各项指标的综合分析比较,才能做出合理的选择。

(6) 本课程与《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2010)配套使用,应学会使用这些规范。各种《规范》是对多年来建筑结构方面的科学技术水平、理论计算方法和工程实践经验的总结,以及对国际上有关标准的先进成果的吸收。因此在学习时,要力求熟悉它,在设计中灵活使用它,在实践中进一步验证它。

(7) 本课程是一门实践性极强的课程,绝大部分内容必须进行现场学习和参观才能深刻地理解和掌握,因此,在学习过程中,要经常到施工现场、预制厂及设计单位进行参观、学习,留心观察现有建筑物的结构布置方法,了解其受力特点及构造细节,积累感性认识,这对于学好本课程将大有帮助。

模块1 混凝土结构基本知识

学习目标

- ★ 了解作用效应与结构抗力的概念。
- ★ 熟悉结构设计的功能要求，以及为确保结构的功能而确立的极限状态概念、分类及设计方法。
- ★ 掌握荷载与材料强度的取值，熟练运用两种极限状态下的实用设计表达式进行荷载效应的计算。
- ★ 熟悉钢筋混凝土的概念及特点。
- ★ 掌握钢筋的种类、力学特点及强度指标，学会选用钢筋。
- ★ 掌握混凝土的几个强度指标及其应用；掌握混凝土的变形性能。
- ★ 了解钢筋与混凝土的粘结作用，掌握锚固长度的概念。

课题1 混凝土结构的设计方法

任务1 结构的功能要求及设计

【学习内容】

1.1.1.1 结构的功能要求

要保证结构能够在规定的年限内安全使用，需要结构在各种作用下具备以下3项功能：

(1) 安全性。结构在正常设计、正常施工和正常使用时，能承受可能出现的各种作用而不发生破坏，以及在偶然事件发生时及发生后，仍能保持必要的整体稳定性。即需要进行下述的承载能力极限状态设计来保证。

(2) 适用性。结构在正常使用时具有良好的工作性能，如不产生过大的变形、裂缝、振动等。即需要进行下述的正常使用极限状态设计来保证。

(3) 耐久性。结构在正常使用和维护下具有足够的耐久性能，即不致因混凝土的老化、钢筋锈蚀等影响使用年限。即需要进行耐久性设计来保证。



1.1.1.2 极限状态的分类

结构的极限状态是指整个结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能（安全、适用、耐久）的要求，此特定状态称为该功能的极限状态。极限状态是区分结构“可靠”、“有效”或“不可靠”、“失效”的界限。

1. 承载能力极限状态

所谓承载能力极限状态是对应于结构或结构构件达到最大承载能力或不适于继续承载的变形。它是安全性功能的界限，一旦超过这一极限状态就可能造成结构的整体倒塌或严重损坏，结构的安全性就会丧失，因此，所有结构和构件都必须进行承载能力极限状态的设计。

当结构或结构构件出现下列状态之一时，即可认为达到了承载能力极限状态：

- (1) 整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡（如倾覆等）。
- (2) 结构构件或连接因超过材料强度而破坏（包括疲劳破坏），或因过度变形而不适于继续承载。
- (3) 结构转变为机动体系。
- (4) 结构或结构构件丧失稳定（如压屈等）。
- (5) 地基丧失承载力而破坏（如失稳等）。

2. 正常使用极限状态

所谓正常使用极限状态是对应于结构或结构构件达到正常使用的某项规定限值。超过这种极限状态，结构或构件会失去适用性，但通常不会带来人身伤亡和重大经济损失，因此，在结构可靠性的保证程度上可以比承载能力极限状态稍低一些。

当结构或结构构件出现下列状态之一时，即可认为达到了正常使用极限状态：

- (1) 影响正常使用的外观或变形。
- (2) 影响正常使用或耐久性的局部损坏（包括裂缝）。
- (3) 影响正常使用的振动。
- (4) 影响正常的其他特定状态。

1.1.1.3 结构的极限状态设计

1. 结构的极限状态方程

结构和构件按极限状态进行设计，需要针对结构的功能要求，找出作用效应 S 与结构抗力 R 两大影响因素，据此来建立以下关系式，即

$$Z = R - S = g(R, S) \quad (1-1)$$

式 (1-1) 称为极限状态方程。

当 $Z > 0$ 时，结构处于可靠状态。

当 $Z < 0$ 时，结构处于失效状态。

当 $Z = 0$ 时，结构处于极限状态。

极限状态设计时，应符合下列要求，即

$$Z = R - S = g(R, S) \geq 0 \quad (1-2)$$

由于作用效应和结构抗力的不确定性，因此极限状态的设计需要应用概率论的知识来解决，这就是概率极限状态设计法。