



21世纪全国高职高专土建系列**技能型**规划教材
国家精品课程“建筑结构”教改项目成果教材

建筑结构

主 编 徐锡权

副主编 周立军 史 华 刘 宇 庞崇

主 审 王海超



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材
国家精品课程“建筑结构”教改项目成果教材

建 筑 结 构

主 编	徐锡权						
副主编	周立军	史 华	刘 宇	庞崇安			
参 编	王中发	马方兴	赵 军	李颖颖	王 维		
主 审	王海超						



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书根据新形势下高职高专建筑工程技术等土建类专业教学改革的要求,结合 2008 年国家精品课程“建筑结构”的教学经验进行编写。在编写过程中突出对学生能力的训练,以能力训练为切入点,体现内容围绕训练项目组织,理论知识作为能力培养的补充的思想;突出用现行的结构设计软件进行结构设计能力训练,与实际职业工作岗位接轨,体现对学生职业能力的培养。

本书共分 14 个模块,主要内容包括:课程介绍、结构设计标准、结构材料力学性能、钢筋混凝土受弯构件计算能力训练、钢筋混凝土受扭构件计算能力训练、钢筋混凝土纵向受力构件计算能力训练、预应力混凝土构件计算能力训练、钢筋混凝土梁板结构计算能力训练、钢筋混凝土单层厂房计算能力训练、多高层钢筋混凝土房屋计算能力训练、砌体结构构件计算能力训练、钢结构构件计算能力训练、结构抗震能力训练、结构设计软件应用训练。

本书适合作为高职高专建筑工程技术专业、工程监理专业等土建类专业及与土建类相关的桥梁、市政、道路、水利等专业的教学用书,也可作为在职职工的岗前培训教材和成人高校函授、自学教材,还可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构/徐锡权主编. —北京:北京大学出版社, 2010. 6

(21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-17086-1

I. ①建… II. ①徐… 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(2010)第 053116 号

书 名: 建筑结构

著作责任者: 徐锡权 主编

策 划 编 辑: 赖 青 杨星璐

责 任 编 辑: 杨星璐

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-17086-1/TU·0121

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 三河市北燕印装有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16 开本 36 印张 插页 1 846 千字

2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 62.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材 专家编审指导委员会

主 任： 于世玮（山西建筑职业技术学院）

副 主 任： 范文昭（山西建筑职业技术学院）

委 员： （按姓名拼音排序）

丁 胜（湖南城建职业技术学院）

郝 俊（内蒙古建筑职业技术学院）

胡六星（湖南城建职业技术学院）

李永光（内蒙古建筑职业技术学院）

刘正武（湖南城建职业技术学院）

马景善（浙江同济科技职业学院）

王秀花（内蒙古建筑职业技术学院）

王云江（浙江建设职业技术学院）

危道军（湖北城建职业技术学院）

吴承霞（河南建筑职业技术学院）

吴明军（四川建筑职业技术学院）

武 敬（武汉职业技术学院）

夏万爽（邢台职业技术学院）

战启芳（石家庄铁路职业技术学院）

朱吉顶（河南工业职业技术学院）

特邀顾问： 何 辉（浙江建设职业技术学院）

姚谨英（四川绵阳水电学校）

21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材 专家编审指导委员会专业分委会

建筑工程技术专业分委会

主任： 吴承霞 吴明军
副主任： 郝俊 刘正武 马景善 战启芳
委员： (按姓名拼音排序)
白丽红 邓庆阳 李伟 刘晓平 孟胜国
牟培超 石立安 汪忠洋 王渊辉 韦盛泉
肖明和 徐锡权 叶腾 于全发 张敏
张勇 赵华玮 郑仁贵 钟汉华 朱永祥

工程管理专业分委会

主任： 危道军
副主任： 胡六星 武敬 李永光
委员： (按姓名拼音排序)
冯钢 赖先字 李柏林 李洪军
时思 孙刚 王安 吴孟红
徐庆新 杨庆丰 赵建军 周业梅

建筑设计专业分委会

主任： 丁胜
副主任： 夏万爽 朱吉顶
委员： (按姓名拼音排序)
戴碧锋 脱忠伟 肖伦斌 余辉

市政工程专业分委会

主任： 王秀花
副主任： 王云江
委员： (按姓名拼音排序)
胡红英 来丽芳 刘江
刘水林 刘雨 张晓战

前 言

本书为北京大学出版社“21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材”之一, 根据新形势下高职高专建筑工程技术等土建类专业教学改革的要求, 结合 2008 年国家精品课程“建筑结构”的教学经验进行编写。编写中突出能力训练, 以能力训练为切入点, 体现内容围绕训练项目组织, 理论知识作为能力培养的补充的思想; 突出用现行的结构设计软件进行结构设计能力训练, 与实际职业工作岗位接轨, 体现职业能力的培养。

本书共分 14 个模块, 主要内容包括: 课程介绍、结构设计标准、结构材料力学性能、钢筋混凝土受弯构件计算能力训练、钢筋混凝土受扭构件计算能力训练、钢筋混凝土纵向受力构件计算能力训练、预应力混凝土构件计算能力训练、钢筋混凝土梁板结构计算能力训练、钢筋混凝土单层厂房计算能力训练、多高层钢筋混凝土房屋计算能力训练、砌体结构构件计算能力训练、钢结构构件计算能力训练、结构抗震能力训练、结构设计软件应用训练。每个模块下分课题进行编写, 在编写中前后贯穿了单项能力训练、综合能力训练、应用设计软件能力训练内容和职业体验的教学安排, 每模块后有模块小结、习题, 建议总学时为 130~160 学时, 分两个学期进行。

本书建议课程的学时安排如下(带★的为选学内容):

模块序号	模块名称	参考学时
0	课程介绍	2
1	结构设计标准	2
2	结构材料力学性能	4
3	钢筋混凝土受弯构件计算能力训练	16
4	钢筋混凝土受扭构件计算能力训练	4
5	钢筋混凝土纵向受力构件计算能力训练	12
6	预应力混凝土构件计算能力训练	4
7	钢筋混凝土梁板结构计算能力训练	24
8	钢筋混凝土单层厂房计算能力训练	4
9	多高层钢筋混凝土房屋计算能力训练(含职业体验一)	10
10	砌体结构构件计算能力训练(含职业体验二)	12
11	钢结构构件计算能力训练(含职业体验三)	22
12	结构抗震能力训练	8
13	结构软件设计应用训练★	30
合 计		156

本书由日照职业技术学院的徐锡权任主编,日照职业技术学院的周立军、商丘职业技术学院的史华、济南工程职业技术学院的刘宇、浙江同济科技职业技术学院的庞崇安任副主编。本书编写工作分工为:日照职业技术学院徐锡权编写模块0、模块3(课题8、9)、模块4、模块8、模块11(课题1、2、6、7、职业体验三)、模块13(课题4);周立军编写模块3(课题1~7);马方兴编写模块12;王维编写模块1;赵军编写模块13(课题1~3);李颖颖编写模块11(课题3、4、5);济南工程职业技术学院刘宇编写模块5、模块6;浙江同济科技职业技术学院的庞崇安编写模块2、模块9;商丘职业技术学院的史华编写模块10;湖北水利水电职业技术学院王中发编写模块7。全书由徐锡权负责统稿,山东科技大学土建学院王海超教授(博士)担任主审。

本书在编写过程中,参阅和引用了一些院校优秀教材的内容,吸收了国内外众多同行专家的最新研究成果,均在推荐阅读资料和参考文献中列出,在此表示感谢。由于编者水平有限,加上时间仓促,书中不妥之处在所难免,衷心地希望广大读者批评指正。

本书所配套的课程被评为2008年国家精品课程,相关课程资源可在网站 <http://jpkc.rzpt.cn/jpkc/index.asp> 进行参考和下载。

编 者

2010年1月

目 录

模块 0 课程介绍 1

课题 1 建筑结构的概念 3

课题 2 建筑结构发展与应用现状 6

课题 3 建筑结构的學習目标、内容及
要求 8

本模块小结 11

习题 11

能力训练项目: 编制学习方案 11

模块 1 结构设计标准 12

课题 1 结构设计的基本要求 13

课题 2 结构上的荷载与荷载效应 14

课题 3 概率极限状态设计法 17

课题 4 耐久性设计 28

本模块小结 31

习题 31

能力训练项目: 荷载效应组合值的
计算 31

模块 2 结构材料力学性能 32

课题 1 钢筋的选用及强度指标的
查用 33

课题 2 钢材的选用及强度指标的
查用 36

课题 3 混凝土的选用及强度指标的
查用 47

课题 4 砌体材料的选用及强度指标的
查用 52

本模块小结 60

习题 60

能力训练项目: 材料选用及强度指标的
查用 61

模块 3 钢筋混凝土受弯构件计算 能力训练 62

课题 1 受弯构件的一般构造要求 64

课题 2 单筋矩形截面受弯构件正截面
承载力计算 72

课题 3 单筋矩形截面受弯构件正截面
设计与复核 76

课题 4 双筋矩形截面受弯构件正截面
设计与复核 81

课题 5 T形截面梁正截面承载力设计与
复核 86

课题 6 受弯构件斜截面配筋计算 94

课题 7 抵抗弯矩图的绘制 104

课题 8 梁的挠度计算 106

课题 9 裂缝宽度验算 114

本模块小结 119

习题 120

模块 4 钢筋混凝土受扭构件计算 能力训练 123

课题 1 纯扭构件计算理论 124

课题 2 弯扭组合构件设计计算 129

课题 3 弯剪扭组合构件设计计算 129

课题 4 受扭构件的构造要求 133

本模块小结 137

习题 137

模块 5 钢筋混凝土纵向受力构件计算 能力训练 139

课题 1 纵向受力构件的构造要求 140

课题 2 轴心受压构件设计计算 144

课题 3 偏心受压构件设计理论 150

课题 4 偏心受压构件设计 155

课题 5 T形及工字形截面偏心受压
构件设计 168

课题 6 受拉构件设计 174

课题 7 偏心受力构件斜截面受剪
承载力计算 180

本模块小结 182

习题 183

模块 6 预应力混凝土构件计算能力

训练 186

- 课题 1 预应力混凝土概念与材料
要求 187
- 课题 2 预应力混凝土计算与构造 198
- 本模块小结 210
- 习题 210

模块 7 钢筋混凝土梁板结构计算能力

训练 212

- 课题 1 梁板结构理论 213
- 课题 2 均布荷载不利布置计算 218
- 课题 3 集中荷载不利布置计算 225
- 课题 4 单向板楼盖设计 230
- 课题 5 双向板楼盖设计计算 238
- 课题 6 现浇板式楼梯计算 245
- 课题 7 雨篷承载力计算 252
- 本模块小结 254
- 习题 255
- 能力训练项目: 单向板肋梁楼盖设计
训练 257

模块 8 钢筋混凝土单层厂房计算能力

训练 271

- 课题 1 单层厂房的计算简图与荷载
计算 272
- 课题 2 单层厂房的排架内力计算 281
- 课题 3 牛腿柱及基础设计 285
- 本模块小结 291
- 习题 291

模块 9 多高层钢筋混凝土房屋计算

能力训练 293

- 课题 1 荷载的简化与计算 294
- 课题 2 框架内力计算 297
- 课题 3 侧移计算 311
- 课题 4 多层框架设计(柱、梁、
节点) 313
- 课题 5 多层框架设计(抗震) 315
- 课题 6 框架-剪力墙结构 323

课题 7 钢筋混凝土结构施工图

识读 328

- 本模块小结 333
- 习题 333
- 职业体验一 334

模块 10 砌体结构构件计算能力

训练 335

- 课题 1 无筋砌体受压承载力计算 336
- 课题 2 砌体局部受压承载力计算 342
- 课题 3 受拉、受弯和受剪构件的承载
力计算 345
- 课题 4 网状配筋砌体的承载力
计算 348
- 课题 5 房屋的静力计算方案 351
- 课题 6 墙柱高厚比验算 356
- 课题 7 刚性方案房屋的计算 362
- 课题 8 小型砌体构件设计 370
- 课题 9 砌体结构施工图识读 377
- 本模块小结 381
- 习题 381
- 职业体验二 384

模块 11 钢结构构件计算能力训练 ... 385

- 课题 1 焊接连接计算 386
- 课题 2 螺栓连接计算 405
- 课题 3 轴心压杆 415
- 课题 4 受弯构件 423
- 课题 5 拉压弯构件 436
- 课题 6 普通钢屋架 440
- 课题 7 钢结构施工图识读 456
- 本模块小结 459
- 习题 460
- 职业体验三 461

模块 12 结构抗震能力训练 463

- 课题 1 抗震基本概念 465
- 课题 2 抗震设计要求 471
- 课题 3 场地、地基、基础抗震设计 ... 475
- 课题 4 多层砌体房屋的抗震规定 483

课题 5 钢筋混凝土框架房屋的抗震规定	489	附录 B 等截面、等跨连续梁在常用荷载作用下的内力系数表 ...	547
课题 6 底部剪力法的计算	493	附录 C 按弹性理论计算在均布荷载作用下矩形双向板的弯矩系数表	550
本模块小结	497	附录 D 热轧不等边角钢组合截面特性表(按 GB/T 706—2008 计算)	554
习题	498	附录 E 轴心受压构件的截面分类 ...	557
模块 13 结构设计软件应用训练	501	附录 F 截面塑性发展系数 γ_x 、 γ_y ...	559
课题 1 PKPM 结构设计软件简介	503	附录 G 轴心受压构件的稳定系数 (Q235 钢)	560
课题 2 钢筋混凝土多层框架结构设计快速入门	516	参考文献	563
课题 3 砌体结构设计快速入门	527		
课题 4 门式刚架设计快速入门	533		
本模块小结	543		
综合实训	544		
附录 A 各种直径钢筋的公称截面面积、计算截面面积及理论质量 ...	546		

模块

课程介绍

教学目标

能力目标：使学生能根据本课程的教学要求思考学习方法，编制学习方案。

知识目标：通过教学使学生掌握建筑结构的概念(含混凝土结构、砌体结构、钢结构的概念与优缺点)；了解建筑结构的发展和建筑结构设计规范；熟悉本课程的学习目标与内容，制订自己的学习计划。

态度养成目标：培养学生严肃认真的学习态度，激发学习本课程的兴趣。

教学要求

知识要点	能力要求	相关知识	所占分值 (100分)
建筑结构的概念	掌握建筑结构的概念与分类	砌体结构、混凝土结构、钢结构概念以及分类与优缺点	50
建筑结构发展与应用现状	了解各种结构的应用状况	砌体结构、混凝土结构、钢结构的发展与应用	20
建筑结构的學習目标、内容及要求	能编制学习方案	学习目标、学习内容与学习要求	30

引例

在澳大利亚悉尼大桥附近有一个三面环水的奔尼浪岛。在这座岛上矗立着一组似群帆泊港，如白鹤惊飞的建筑群，它就是举世闻名的悉尼歌剧院（见图 0.1）。悉尼歌剧院占地 1.8hm^2 ($1\text{hm}^2 = 10^4\text{m}^2$)，坐落在距离海面 19m 的花岗岩基座上，最高的壳顶距海面 60m ，总建筑面积 88000m^2 ，有 1 个 2700 个座位的音乐厅，1 个 1550 个座位的歌剧院，1 个 420 个座位的小剧场。此外，还有展览、录音、酒吧、餐厅等大小房间 900 个。实际上是一座可以满足多种需要的文化中心。悉尼歌剧院造型独特，外观不凡。8 个薄壳分成两组，每组 4 个，分别覆盖着两个大厅，另外有两个小壳置于小餐厅上。壳下掉挂钢桁架，桁架下是天花板。两组薄壳彼此对称互靠，外面贴乳白色的贴面砖，闪烁夺目，吸引了成千上万的旅游者，并已成为悉尼港的标志。

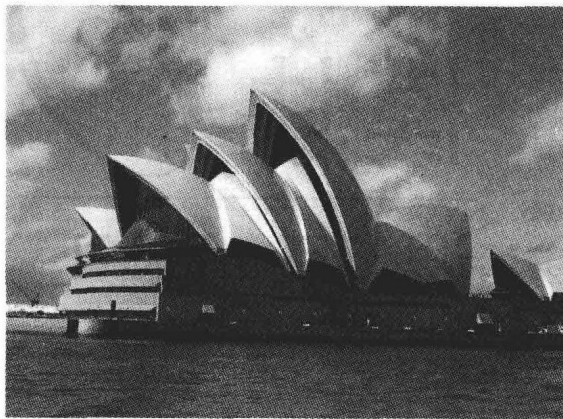


图 0.1 悉尼歌剧院

悉尼歌剧院的建成，说起来还有一段趣话，1956 年任澳大利亚总理的凯西尔有个担任乐团总指挥的好朋友古斯申，应他的要求由政府出资在奔尼浪岛上建一座歌剧院，决定向全世界征集方案。30 个国家参加并送来了 223 个方案，由美国著名建筑师沙里宁等人组成的评委会进行评选。沙里宁因故来迟，初评工作已经告一段落。沙里宁看过评出的十个方案均不满意，他从被淘汰的 213 个方案中挑出丹麦建筑师伍重的方案，沙里宁认为此方案如能实现，必能成为伟大不凡的建筑。而这个方案不过是一个示意草图，其最大的特点是有一组薄壳组成，远望如海滨扬帆，景物生动，堂皇出众，富有诗意。沙里宁最后说服了评委会采纳了这个方案。当把这个方案付诸实施时，却遇到了不可克服的困难。当时粗估，壳顶只需厚 10cm ，底部厚 50cm ，经过科学计算，如此巨大的薄壳根本无法实现。于是伍重不得不求助于英国著名工程师阿鲁普。但历时 3 年，经过多次计算、试验，均告失败，阿鲁普束手无策，一筹莫展，最后不得不放弃单纯的薄壳观念，代之以预应力 Y 型、T 型钢筋混凝土肋骨拼接的三角瓣壳体。至此，才使壳体得以施工。但好事多磨，当工程进行到第 9 年时（1957 年），坚定不移的支持者凯西尔总理猝然去世，自由党上台以造价超过估计 5 倍为由，拒付所拖欠设计费，企图迫使工程停顿，而此时工程主体结构已经完成，势成骑虎，欲罢不能。最后政府 3 人小组取代伍重负责，工程才得以继续进行。从 1973 年始，历时 17 年，耗资 5000 万英镑（超过原估价 14 倍）的悉尼歌剧院始告落成。显然，当时的技术水平有限，现在看来，采用薄壳结构已经不再是不可能的事了。

以上这个实例初步说明了建筑造型（建筑设计）与结构设计的关系，建筑设计与结构设计是整个建筑设计过程中的两个重要的环节，建筑设计主要体现的是对整个建筑物的外观效果，而结构设计对于建筑物的外观效果能否实现起着至关重要的作用。在我国，不管是钢结构的鸟巢，还是用 ETFE 膜做的水立方，不管是重心在外的央视新大楼，还是世界第一的上海中心，都体现了建筑与结构的完美结合。

优秀的建筑设计方案，依赖于合理的结构设计；而有限的结构设计技术水平又制约着建筑设计的层次。彭一刚先生在他的《建筑空间组合论》中曾经说过：“现代的建筑师必须和结构工程师相配合才能最终地确定设计方案，因此，正确地处理好功能、结构之间的关系显得非常重要”。

建筑是技术与艺术的结合。之所以有美丽的建筑，是因为有结构这个坚实的骨架在支撑着建筑美丽的外表。意大利现代著名建筑师奈维认为：“建筑是一个技术与艺术的综合体”。美国现代著名建筑师赖

特认为：“建筑是用结构来表达思想的科学性的艺术”。总之，建筑具有技术和艺术的双重性。

本课程主要从结构设计的角度来讲述怎样通过各种结构和构件的计算与验算来保证建筑物的安全、适用、经济、美观，实现建筑设计的效果。

课题 1 建筑结构的概念

0.1.1 建筑结构的概念

1. 概念

建筑是建筑物和构筑物的总称。建筑物是供人们在其中生产、生活或进行其他活动的房屋或场所，如住宅、学校、办公楼等。建筑物根据其使用性质，通常可以分为生产性建筑和非生产性建筑两大类。其中，生产性建筑根据其生产内容的区别划分为工业建筑和农业建筑等不同的类别；非生产性建筑统称为民用建筑，又分为公共建筑和居住建筑两类。构筑物是服务于生产、生活的建筑设施，是人们不在其中生产、生活的建筑，如水坝、烟囱等。不论建筑物还是构筑物，都是人类在自然空间里建造的人工空间，为了能够抵抗各种外界的作用，例如风雨雪、地震等，建筑必须要有足够抵抗能力的空间骨架，这个空间骨架就是建筑物的承重骨架。建筑工程中常提到“建筑结构”一词，就是指承重的骨架，即用来承受并传递荷载，并起骨架作用的部分，简称结构。

2. 组成

建筑物由 3 个系统组成：结构支承系统，围护、分隔系统和设备系统。结构支承系统是指建筑物的结构受力系统以及保证结构稳定的系统。它是建筑物中不可变动的部分，要求构件布局合理，有足够的强度和刚度，并方便力的传递，使结构变形控制在规范允许的范围内。围护、分隔系统是指建筑物中起围合和分隔空间的界面作用的系统。必须考虑安装时与其周边构件连接的可能性及稳定问题；考虑对使用空间的物理特性（如防水、防火、隔热、保温、隔声等）要求的满足；考虑对建筑物某些美学要求（如形状、质感等）的满足。设备系统是指电力、电信、照明、给排水、供暖、通风、空调、消防等。需要建筑提供主要设备的安置空间，还会有许多管道需要穿越主体结构或其他构件，它们同样会占据一定的空间，还会形成相应的附加荷载，需要提供支承。

建筑物的主要构成部分包括楼地层、墙或柱、基础、楼电梯、屋盖、门窗等六大部分，如图 0.2 所示。楼地层的作用是提供使用者在建筑物中活动所需要的各种平面，同时将由而产生的各种荷载，例如家具、设备、人体自重等荷载传递到支承它们的垂直构件上去。其中底层地坪可以直接铺设在天然土上或架设在建筑物的其他承重构件上。楼层则由楼板（或由梁和楼板）构成，除提供活动平面并传递水平荷载外，还沿建筑物的高度分隔空间。在高层建筑中，楼层是抵抗风荷载等侧向水平力的有效支承。墙或柱的作用是将屋盖、楼层等部分所承受的活荷载及其自重，分别通过支承它们的墙或柱传递到基础上，再传给地基。在房屋的有些部位，墙体不一定承重，无论承重与否，墙体往往还具有分隔空间或对建筑物起到围合、保护作用的功能。基础的作用是建筑物的垂直承重构件与支承建筑物的地基直接接触的部分。其状况既与其上部的建筑的情况有关，也与其下部的地基状

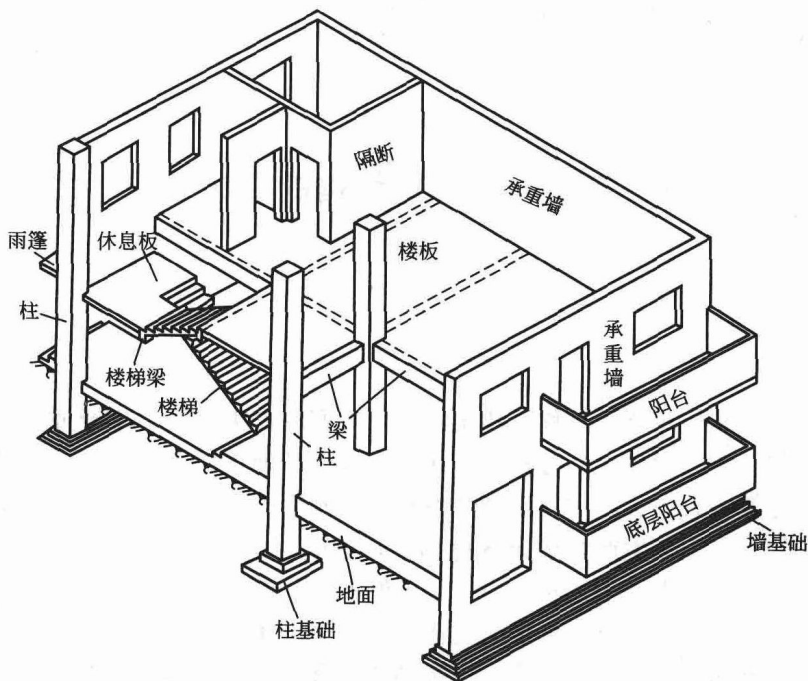


图 0.2 建筑的基本构件

况有关。楼电梯的作用是解决建筑物上下楼层之间联系的交通枢纽。特别是楼梯，由于使用时存在高差，对其安全性能应予以足够重视。屋盖的作用是承受由于雨雪或屋面上人所引起的荷载并主要起围护作用。关键是防水性能及热工性能。同时，屋盖的形式往往对建筑物的形状起着非常重要的作用。门窗的作用是用来提供交通及通风采光的方便。设在建筑物外墙上的门窗还兼有分隔和维护的作用。

本课程研究的是结构支承系统，为此要研究建筑物中的各基本构件的组成，研究其主要承重的构件：梁、板、墙（或柱）、基础等基本构件和由此组成的建筑结构。要求结构和构件应在各种直接和间接作用下保持其强度、刚度和稳定性要求。其中强度指建筑构件的牢固程度，简单地说就是抵御破坏的能力，刚度是指物体承受外力时抵御变形的能力，稳定性要求结构不出现整体与局部的倾覆。

0.1.2 建筑结构的分类及其主要优缺点

建筑结构按承重结构所用的材料不同，主要分为木结构、砌体结构、混凝土结构、钢结构。由于木结构现在用得越来越少，本书不再进行介绍，主要讲述其他三种结构及其构件。

1. 砌体结构

由块材和铺砌的砂浆黏结而成的材料称为砌体，由砌体砌筑的结构称为砌体结构。因砌体抗拉强度较低，故在建筑物中适宜将砌体用作承重墙、柱、过梁等受压构件。因块体有石、砖和砌块，故而砌体结构又可分为石结构、砖结构和砌块结构。

（1）砌体结构的主要优点：

① 容易就地取材。砖主要用黏土烧制；石材的原料是天然石；砌块可以用工业废料

制作,来源方便,价格低廉。

② 砖、石、砌块具有良好的耐火性和较好的耐久性。

③ 砌体砌筑时不需要模板和特殊的施工设备。在寒冷地区,冬季可用冻结法砌筑,不需特殊的保温措施。

④ 砖墙和砌块墙体能够隔热和保温,所以既是较好的承重结构,也是较好的围护结构。

(2) 砌体结构的缺点:

① 与钢和混凝土相比,砌体的强度较低,因而构件的截面尺寸较大,材料用量多,自重重大。

② 砌体的砌筑基本上是手工方式,施工劳动量大。

③ 砌体的抗拉和抗剪强度都很低,因而抗震性能较差,在使用上受到一定限制;砖、石的抗压强度也不能充分发挥。

④ 黏土砖需用黏土制造,在某些地区过多占用农田,影响农业生产。

2. 混凝土结构

主要以混凝土为材料组成的结构称为混凝土结构。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。其中由钢筋混凝土梁、柱、楼板、基础组成一个承重的骨架,砖墙或砌体只起围护作用的框架结构应用最为广泛,此结构用于多(高)层或大跨度房屋建筑中。

(1) 混凝土结构的优点:

① 耐久性好。混凝土强度是随龄期增长的,钢筋被混凝土保护着锈蚀较小,所以只要保护层厚度适当,则混凝土结构的耐久性比较好。若处于侵蚀性的环境时,可以适当选用水泥品种及外加剂,增大保护层厚度,就能满足工程要求。

② 耐火性好。比起容易燃烧的木结构和导热快且抗高温性能较差的钢结构来讲,混凝土结构的耐火性是好的。因为混凝土是不良热导体,遭受火灾时,混凝土起隔热作用,使钢筋不致达到或不致很快达到降低其强度的温度,经验表明,虽然经受了较长时间的燃烧,混凝土常常只损伤表面,对承受高温作用的结构,还可应用耐热混凝土。

③ 就地取材。在混凝土结构的组成材料中,用量较大的石子和砂往往容易就地取材,有条件的地方还可以将工业废料制成人工骨料应用,这对材料的供应、运输和土木工程结构的造价都提供了有利的条件。

④ 节省保养费。混凝土结构的维修较少,而钢结构和木结构则需要经常保养。

⑤ 节约钢材。混凝土结构合理地应用了材料的性能,在一般情况下可以代替钢结构,从而能节约钢材、降低造价。

⑥ 可模性。因为新拌和未凝固的混凝土是可塑的,故可以按照不同模板的尺寸和形状浇筑成建筑师设计所需要的构件。

⑦ 刚度大、整体性好。混凝土结构刚度较大,对现浇混凝土结构而言其整体性尤其好,宜用于变形要求小的建筑,也适用于抗震、抗爆结构。

(2) 混凝土结构的缺点:

① 普通钢筋混凝土结构自重比钢结构大。自重过大对于大跨度结构、高层建筑结构的抗震都是不利的。

② 混凝土结构的抗裂性较差,在正常使用时往往带裂缝工作。

③ 建造较为费工，现浇结构模板需耗用较多的木材，施工受到季节气候条件的限制，补强修复较困难。

④ 隔热隔声性能较差。

3. 钢结构

钢结构主要是指用钢板、热轧型钢、冷加工成形的薄壁型钢和钢管等构件经焊接、铆接或螺栓连接组合而成的结构以及以钢索为主材建造的工程结构，如房屋、桥梁等。它是土木工程的主要结构形式之一。目前，钢结构在房屋建筑、地下建筑、桥梁、塔桅和海洋平台中都得到广泛采用。

(1) 钢结构的优点：

① 强度高，重量轻。钢材与其他材料相比，在同样的受力条件下，钢结构用材料少，自重轻。同时钢结构自重轻，便于运输和安装。

② 塑性和韧性好。钢材的塑性好指钢结构破坏前一般都会产生显著的变形，易于被发现，可及时采取补救措施，避免重大事故发生。钢材的韧性好指钢结构对动力荷载的适应性强，具有良好的吸能能力，抗震性能优越。

③ 材质均匀，物理力学性能可靠。钢材在钢厂生产时，整个过程可严格控制，质量比较稳定；钢材组织均匀，接近于各向同性匀质体；钢材的物理力学特性与工程力学对材料性能所作的基本假定符合较好；钢结构的实际工作性能比较符合目前采用的理论计算结果；钢结构通常是在工厂制作，现场安装，加工制作和安装可严格控制，施工质量有保证。

④ 密封性好。钢结构采用焊接连接后可以做到安全密封，能够满足一些要求气密性和水密性好的高压容器、大型油库、气柜油罐和管道等的要求。

⑤ 制作加工方便，工业化程度高，工期短。在钢结构加工厂制成的构件可运到现场拼装，采用焊接或螺栓连接，安装方便，施工机械化程度高，工期短。

⑥ 抗震性能好。在国内外的历次地震中，钢结构是损坏最轻的结构，已被公认为是抗震设防地区，特别是强震区的最合适结构。

⑦ 具有一定的耐热性。温度在 200°C 以内时，钢材性质变化很小，因此，钢结构可用于温度不高于 200°C 的场合。

⑧ 采用钢结构可大大减少砂、石灰的用量，减轻对不可再生资源的破坏。

(2) 钢结构的缺点：

① 耐火性差。钢结构耐火性较差，在需要防火时，应采取防火措施。

② 耐腐蚀性差，易锈蚀。

③ 钢结构在低温条件下可能发生脆性断裂。

④ 钢材价格昂贵。

课题 2 建筑结构发展与应用现状

0.2.1 砌体结构的发展与应用现状

砌体结构是由多种材料组成的块体砌筑而成的，其中砖石是最古老的建筑材料，由于其良好的物理力学性能，易于取材、生产和施工，造价低廉，多年来一直是我国主导的建筑材料。

我国砖的产量逐年增长, 据统计, 1980 年的全国砖年产量为 1600 亿块, 1996 年增至 6200 亿块, 为世界其他各国砖年产量的总和。在办公、住宅等民用建筑中大量采用砖墙承重。20 世纪 50 年代这类房屋一般为 3~4 层, 现在, 不少城市一般建到 7~8 层。我国还积累了在地震区建造砌体结构房屋的宝贵经验, 我国绝大多数大中城市在地震烈度 6 度或 6 度以上地震设防区、地震烈度 ≤ 6 度的砌体结构经受了地震的考验。经过设计和构造上的改进和处理, 还在 7 度区和 8 度区建造了大量的砌体结构房屋。近 10 余年来, 采用混凝土、轻骨料混凝土或加气混凝土, 以及利用河砂、工业废料、粉煤灰、煤矸石等制成混凝土砌块或蒸压灰砂砖、粉煤灰硅酸盐砖(砌块)等在我国有较快的发展。砌块种类、规格较多, 其中以中、小型砌块较为普遍, 在小型砌块中又开发出多种强度等级的承重砌块和装饰砌块。据不完全统计, 1996 年全国砌块总产量约为 2500 万 m^3 , 各类砌块建筑约为 5000 万 m^2 , 近 10 年混凝土砌块与砌块建筑的年递增都在 20% 左右, 尤其以大中城市推广迅速。

从 20 世纪 90 年代初期, 在总结国内外配筋混凝土砌块试验研究经验的基础上, 我国在配筋砌块结构的配套材料、配套应用技术的研究上获得了突破, 开展了更具代表性和针对性的试点工程, 取得明显的社会效益。我国在 20 世纪 80 年代初期主持编制国际标准 ISO 9652—3《配筋砌体结构设计规范》, 表明用配筋砌体可建造一定高度的既经济又安全的建筑结构, 如配筋砌块高层有首钢 18 层配筋砌块工程, 辽宁抚顺 6 栋 16 层砌块住宅等。可见配筋砌体中高层的研究和应用具有十分广阔的前景。在此基础之上, 通过在砖墙中加大加密构造柱, 形成所谓强约束砌体的中高层结构的研究也取得了可喜的成果。

0.2.2 混凝土结构的发展与应用现状

20 世纪 70 年代起, 在一般民用建筑中已较广泛地采用定型化、标准化的装配式钢筋混凝土构件, 并随着建筑工业化的发展以及墙体改革的推行, 发展了装配式大板居住建筑, 在多高层建筑中还广泛采用大模剪力墙承重结构外加挂板或外砌砖墙结构体系。各地还研究了框架轻板体系, 自重最轻的每平方米仅为 3~5kN。由于这种结构体系的自重大大减轻, 不仅节约材料消耗, 而且对于结构抗震具有显著的优越性。

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(如北京前门大街、上海漕溪路住宅建筑群)的兴建以后, 20 世纪 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。

经过近十几年我国工程建设的快速发展以及进入 WTO 的需要, 自 1997 年起, 我国对工程建设标准进行了全面修订, 并先后颁布了 GB 50068—2001《建筑结构可靠度设计统一标准》及 GB 50010—2002《混凝土结构设计规范》等。新标准的颁布, 进一步推动新材料、新工艺、新结构的应用, 使混凝土结构不断地发展, 达到新的水平。

0.2.3 钢结构的发展与应用现状

我国是最早用铁建造结构的国家之一, 比较典型的应用是铁链桥, 主要有云南省永平与保山之间跨越澜沧江的霁虹桥以及四川泸定大渡河上的泸定桥; 其次是一些纪念性建筑, 如建于 967 年的广州光孝寺的东铁塔、建于 963 年的西铁塔以及建于 1061 年的湖北当阳玉泉寺的 13 层铁塔。中国古代在钢铁结构方面虽然有所创建, 但在封建制度下, 生产力发展极其缓慢。在半封建半殖民地的百年历史中, 中国也曾建造过一些钢桥和钢结构