



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪建筑工程系列规划教材

第3版

建筑结构 (上册)

——混凝土结构部分

宗兰 宋群 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配电子课件

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21 世纪建筑工程系列规划教材

建筑结构（上册）

——混凝土结构部分

第 3 版

主 编	宗 兰	宋 群	
副主编	李靖韵	翁维素	邬 宏
参 编	邓庆阳	付丽文	曹剑平
主 审	杨太生		



机械工业出版社

本书参照应用型本科和高职高专土建类专业建筑结构课程教学的基本要求,打破了原混凝土结构、砌体结构、钢结构、多层高层建筑结构、抗震设计的界限,对其内容进行了精选和整合,按照贯通型建筑结构的体系来编写。

全书共分上下两册,上册为建筑结构绪论、建筑结构设计原则、混凝土结构构件计算、混凝土整体结构设计。下册为砌体结构、钢结构、建筑结构抗震设计。

本书的内容在组织上按必需、够用的原则,取材注意反映基本概念和基本理论,删去了一些繁琐的理论推导,尽可能做到理论与工程实际相联系,力求反映职业教育教材的特点。

本书按照最新的国家标准和规范编写,可作为应用型本科和高职高专土建类专业教材,也可作为相关专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构.上册,混凝土结构部分/宗兰,宋群主编.—3版.—北京:机械工业出版社,2013.3

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪建筑工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-40922-9

I. ①建… II. ①宗…②宋… III. ①建筑结构—高等职业教育—教材
②混凝土结构—高等职业教育—教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第302928号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王靖辉 覃密道 责任编辑:王靖辉 覃密道

版式设计:霍永明 责任校对:李 婷

封面设计:路恩中 责任印制:张 楠

北京振兴源印务有限公司印刷

2013年5月第3版第1次印刷

184mm×260mm·24.25印张·597千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40922-9

定价:45.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

机械工业出版社
21 世纪系列规划教材总编审委员会

主任：乔志远 内蒙古建筑职业技术学院

副主任（按姓名拼音排序）：

李 峰 山西建筑职业技术学院

刘春泽 辽宁建筑职业学院

汤万龙 新疆建设职业技术学院

宗 兰 南京工程学院

秘书长：郝 俊 内蒙古建筑职业技术学院

委员（按姓名拼音排序）：

冯美宇 山西建筑职业技术学院

贺俊杰 内蒙古建筑职业技术学院

贾永康 山西建筑职业技术学院

李仙兰 内蒙古建筑职业技术学院

宋 群 山西大同大学

宋岩丽 山西建筑职业技术学院

孙玉红 辽宁建筑职业学院

王宇清 黑龙江建筑职业技术学院

邬 宏 内蒙古建筑职业技术学院

谢社初 湖南城建职业技术学院

杨青山 内蒙古建筑职业技术学院

杨 锐 江苏建筑职业技术学院

银 花 内蒙古建筑职业技术学院

祖立厂 河南城建学院

机械工业出版社

21 世纪系列规划教材专业编审委员会

土建施工类专业编审委员会

主 任：孙玉红

副主任：李仙兰 宋岩丽 宋 群

委 员（按姓名拼音排序）：

蔡红星	常建立	陈晋中	程玉兰	丁春静
段贵明	关 瑞	郭清燕	郝临山	李靖颀
刘志宏	马桂珍	马守才	邵英秀	孙维东
王朝霞	王 军	王 丽	王 强	王秀花
王 兆	王志清	魏 静	阎宏生	张厚先
张小平	张兴才	张智均	赵 萍	赵占军

建筑设计类专业编审委员会

主 任：冯美宇

副主任：杨青山

委 员（按姓名拼音排序）：

白秀英	边 颖	高 远	李井永
李永光	梁艳波	马有占	张书梅

工程管理及房地产类专业编审委员会

主 任：银 花

副主任：邬 宏 杨 锐 祖立厂

委 员（按姓名拼音排序）：

郭玉社	景亚平	李 伟	宋春兰
王素梅	武永春	于立君	张洪力

建筑设备及市政工程类专业编审委员会

主 任：谢社初

副主任：贺俊杰 贾永康 王宇清

委 员（按姓名拼音排序）：

白 锋	白扩社	贾丽明	李卫平
谭伟建	王青山	邢玉林	徐 勇

第3版前言

《建筑结构》第2版作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，自2008年出版以来，受到广大土建类专业师生的认可。本书出版四年来，收到了一些热心读者的宝贵意见和建议，编者在此表示感谢。

我国在2010年颁布了《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)，根据新规范的修改内容，我们对本书的第六章进行了重新编写，对其他章节的部分内容按照新规范内容进行了部分调整，对本书各章的思考题、习题进行了修订。

《建筑结构》第3版上册由南京工程学院宗兰、山西大同大学宋群任主编，太原大学李靖颀、河北建筑工程学院翁维素、内蒙古建筑职业技术学院邬宏任副主编，山西建筑职业技术学院杨太生任主审。

具体参加本书修订工作人员有：宗兰(第一章、第二章、第六章、第九章、第十三章、附录)；李靖颀(第十一章)；翁维素(第八章)；邬宏(第三章、第十二章)；邓庆阳(第七章)；付丽文(第四章、第五章)；曹剑平(第十章)。

本书在修订过程中，得到了编者所在院校领导和机械工业出版社的鼓励和帮助，特别是本系列教材编写委员会主任委员，内蒙古建筑职业技术学院乔志远、山西建筑职业技术学院杨太生的热情关怀和大力支持，全体编者表示深切的谢意。在修订过程中，我们参考了一些国内已经出版的同类教材，列于本书参考文献之中。

本书配有电子教案，凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 下载。咨询邮箱：cmpgaozhi@sina.com。咨询电话：010-88379375。

本书可作为应用型本科和高职高专土建类专业教材，也可作为相关专业工程技术人员参考书。由于编者水平有限，在修订过程中难免仍有不妥之处，望广大读者同行给予指正。

编 者

第1版前言

本书结合编者长期教学实践的经验,按照建筑结构体系编写。在内容体系组织上,打破了几大结构体系的界限,删去了一些理论推导,注意了实际应用能力的培养,将建筑结构内容进行了重组和整合,构成了本教材的体系。

全书分为上、下两册,上册为建筑结构绪论、建筑结构设计原则、混凝土结构构件计算、混凝土整体结构设计。下册为砌体结构、钢结构、建筑结构抗震设计。本书立足于建筑工程专业教育对建筑结构教学的基本要求,注重反映基本概念、基本原理和基本方法,注重适应高等职业教育的特点,同时考虑到社会的进步和科技的发展。本书全部按我国新颁布的规范、规程编写,反映了我国建筑结构设计方面的新成果。为了便于读者学习,本书每章后均附有思考题和习题。

具体参加上册编写工作的人员有:南京工程学院宗兰(第一章、第二章、第十三章、附录),太原大学李靖颐(第九章、第十一章),河北建筑工程学院翁维素(第六章、第七章、第八章),内蒙古建筑职业技术学院邬宏(第三章、第十二章),沈阳建筑工程学院职业技术学院付丽文(第四章、第五章),黑龙江工程学院曹剑平(第十章)。

本书由南京工程学院宗兰、山西大同大学宋群任主编,太原大学李靖颐、河北建筑工程学院翁维素任副主编,山西建筑职业技术学院杨太生任主审。编者非常感谢主审杨太生严谨、认真的审稿工作,最后由宗兰、宋群按主审意见进行了修改统稿,并由宗兰定稿。

本书在编写过程中,得到了编者所在院校教务处领导、机械工业出版社领导的鼓励和支持,特别是内蒙古建筑职业技术学院副院长、教材编写委员会主任委员乔志远的关怀和帮助,全体编者再次表示深切的谢意。在编写过程中,我们参阅了一些院校优秀教材内容,均在参考文献中列出。

本书是高职高专和应用型本科土建类专业建筑结构课程内容、体系改革的尝试和探索,能对高职高专和应用型本科教育改革有所裨益为编者所盼。由于编者认识和实践水平有限,加之编写时间显得有些仓促,书中难免有不妥之处,还望广大读者及同行专家不吝赐教,以便本书再版时修订。

编 者

目 录

第3版前言

第1版前言

第一章 绪论	1
第一节 建筑结构的组成和分类	1
第二节 混凝土结构	5
第三节 钢结构	7
第四节 砌体结构	8
第五节 建筑结构课程的特点与 学习方法	9
本章小结	10
第二章 建筑结构设计的基本原则	11
第一节 建筑结构设计理论发展简史	11
第二节 结构的功能和极限状态	12
第三节 结构的可靠度和极限状态方程	13
第四节 可靠指标和目标可靠指标	15
第五节 极限状态设计表达式	17
第六节 混凝土结构的耐久性设计	21
第七节 数理统计中的一些基本知识	25
第八节 混凝土强度标准值指标	29
本章小结	30
思考题	31
第三章 混凝土结构材料的力学性能	32
第一节 钢筋	32
第二节 混凝土	34
第三节 钢筋与混凝土的相互作用	40
本章小结	42
思考题	43
第四章 受弯构件正截面承载力计算	44
第一节 受弯构件的一般构造	45
第二节 受弯构件正截面的受力特点	46
第三节 单筋矩形截面受弯构件正截 面受弯承载力计算	48
第四节 双筋矩形截面受弯构件正截 面受弯承载力计算	54
第五节 T形截面梁正截面受弯 承载力计算	59
本章小结	65

思考题	66
-----------	----

习题	66
----------	----

第五章 受弯构件斜截面承载力计算 ... 67

第一节 概述	67
第二节 无腹筋梁的受剪性能	67
第三节 有腹筋梁的受剪性能	70
第四节 构造要求	74
第五节 设计实例	79
本章小结	83
思考题	83
习题	83

第六章 受压构件截面承载力计算 ... 85

第一节 概述	85
第二节 轴心受压构件正截面 承载力计算	85
第三节 矩形截面偏心受压构件正截 面承载力计算	92
第四节 I形截面偏心受压构件正截面 承载力计算	118
第五节 偏心受压构件斜截面承 载力计算	123
第六节 构造要求	124
本章小结	127
思考题	127
习题	128

第七章 受拉构件截面承载力计算 ... 129

第一节 轴心受拉构件正截面受拉 承载力计算	129
第二节 偏心受拉构件正截面受拉 承载力计算	130
第三节 偏心受拉构件斜截面受剪 承载力计算	133
本章小结	134
思考题	134
习题	134



第八章 受扭构件扭曲截面

承载力计算 135

- 第一节 概述 135
- 第二节 矩形截面纯扭构件承载力计算 136
- 第三节 矩形截面弯剪扭构件承载力计算 140
- 第四节 T形和工字形截面弯剪扭构件承载力计算 144
- 第五节 构造要求 145
- 第六节 设计实例 146
- 本章小结 152
- 思考题 152
- 习题 152

第九章 钢筋混凝土构件变形、

裂缝验算 154

- 第一节 概述 154
- 第二节 钢筋混凝土构件裂缝宽度验算 154
- 第三节 钢筋混凝土受弯构件变形验算 163
- 本章小结 173
- 思考题 173
- 习题 174

第十章 预应力混凝土构件 175

- 第一节 预应力混凝土的基本知识 175
- 第二节 预应力混凝土构件设计的一般规定 181
- 第三节 预应力混凝土轴心受拉构件的应力分析 187
- 第四节 预应力混凝土轴心受拉构件的计算和验算 195
- 第五节 预应力混凝土构件的构造要求 204
- 本章小结 205
- 思考题 205
- 习题 206

第十一章 混凝土梁板结构 207

- 第一节 概述 207
- 第二节 整体式单向板肋梁楼盖 211
- 第三节 双向板肋梁楼盖 240
- 第四节 楼梯、雨篷设计与计算 246
- 本章小结 257

思考题 257

习题 258

第十二章 单层厂房结构 259

- 第一节 概述 259
- 第二节 单层厂房的结构组成和结构布置 259
- 第三节 排架计算 268
- 第四节 单层厂房柱设计 278
- 第五节 柱下单独基础设计 283
- 第六节 单层厂房设计例题 290
- 本章小结 301
- 思考题 302
- 习题 302

第十三章 框架结构设计 304

- 第一节 框架的结构形式和布置原则 304
- 第二节 竖向荷载作用下框架的内力计算 311
- 第三节 水平荷载作用下的内力计算近似法 316
- 第四节 框架侧移近似计算及限值 331
- 第五节 内力组合 333
- 第六节 框架梁、柱的截面设计 336
- 第七节 现浇框架的一般构造要求 337
- 第八节 多层框架结构基础 339
- 本章小结 340
- 思考题 340
- 习题 340

附录 342

附录 A 混凝土结构设计用表 342

- 附表 A-1 混凝土强度标准值 342
- 附表 A-2 混凝土强度设计值 342
- 附表 A-3 混凝土的弹性模量和疲劳变形模量 342
- 附表 A-4 混凝土疲劳强度修正系数 γ_p 342
- 附表 A-5 普通钢筋强度标准值 343
- 附表 A-6 预应力钢筋强度标准值 343
- 附表 A-7 普通钢筋强度设计值 343
- 附表 A-8 预应力钢筋强度设计值 344
- 附表 A-9 钢筋弹性模量 344
- 附表 A-10 普通钢筋疲劳应力幅限值 344
- 附表 A-11 预应力钢筋疲劳应力幅限值 345
- 附表 A-12 受弯构件的挠度限值 345



附表 A-13 结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度的限值 w_{lim}	345	($y=0.7H_u$) 时系数 C_5 的数值	367
附表 A-14 混凝土保护层的最小厚度	346	附图 E-6 集中水平荷载作用在上柱 ($y=0.8H_u$) 时系数 C_5 的数值	367
附表 A-15 纵向受力钢筋的最小配筋百分率	346	附图 E-7 水平均布荷载作用在整个上柱时系数 C_9 的数值	368
附表 A-16 钢筋混凝土矩形和 T 形截面受弯构件正截面抗弯能力计算表	346	附图 E-8 水平均布荷载作用在整个上、下柱时系数 C_{11} 的数值	368
附表 A-17 钢筋的计算截面面积及理论重量表	347	附录 F 单层厂房结构设计用表	369
附表 A-18 钢绞线公称直径、截面面积及理论重量	348	附表 F-1 过去吊车的工作制等级与现行规范吊车工作级别的对应关系	369
附表 A-19 钢丝公称直径、公称截面面积及理论重量	348	附表 F-2 单跨厂房空间作用分配系数 μ	369
附表 A-20 钢筋混凝土板每米宽的钢筋截面面积	348	附表 F-3 柱截面尺寸参考表 (柱距 6m)	369
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	350	附表 F-4 采用刚性屋盖的单层厂房柱和露天吊车栈桥柱的计算长度 l_0	370
附表 B-1 两跨梁	350	附表 F-5 不需验算裂缝宽度的最大钢筋直径 (d_{max}) 和钢筋应力 (σ_s)	370
附表 B-2 三跨梁	351	附表 F-6 高杯口基础的杯壁厚度 t	370
附表 B-3 四跨梁	353	附录 G 规则框架承受均布及倒三角形分布水平力作用时反弯点的高度比	371
附表 B-4 五跨梁	356	附表 G-1 规则框架承受均布水平力作用时标准反弯点的高度比 y_0 值	371
附录 C 按弹性理论计算矩形双向板在均布荷载作用下的弯矩系数表	360	附表 G-2 规则框架承受倒三角形分布水平力作用时标准反弯点的高度比 y_0 值	373
附录 D 钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距	364	附表 G-3 上下层横梁线刚度比对 y_0 的修正值 y_1	375
附录 E 单阶柱柱顶反力与水平位移系数值	365	附表 G-4 上下层高变化对 y_0 的修正值 y_2 和 y_3	375
附图 E-1 柱顶单位集中荷载作用下系数 C_0 的数值	365	参考文献	376
附图 E-2 柱顶力矩作用下系数 C_1 的数值	365		
附图 E-3 力矩作用在牛腿顶面时系数 C_3 的数值	366		
附图 E-4 集中水平荷载作用在上柱 ($y=0.6H_u$) 时系数 C_5 的数值	366		
附图 E-5 集中水平荷载作用在上柱			

第一章 绪 论

学习目标：了解建筑结构的发展概况，熟悉建筑结构的组成与分类，熟悉几种常用建筑结构的特点，深刻体会学习建筑结构的重要性，理解建筑结构设计力学课程的联系与区别。

第一节 建筑结构的组成和分类

一、建筑结构的发展概况

建筑结构是随着人类社会的进步、科学技术的发展而不断发展起来的。在远古时期，人们为了挡风避雨而“掘土为穴，构木为巢”。我国应用最早的建筑结构是木结构和砖石结构。山西五台山佛光寺大殿(公元 857 年)，山西应县高 66m 的木塔(公元 1056 年)，均为木结构梁柱承重体系；河北省赵县的安济桥(公元 581—617 年)是世界上最早的单孔空腹式石拱桥；举世闻名的万里长城，现存最完整的古城城墙——南京城墙，陕西西安的大雁塔等，均采用的是砖石结构。

钢结构在我国应用得也较早，公元 58—75 年，在我国西南地区建造了世界上最早的铁链桥——兰津桥。19 世纪，随着炼钢技术的发展，钢结构的应用在国外得到迅速发展，如法国巴黎埃菲尔铁塔等。1949 年新中国成立以后，我国的钢结构得到了一定程度的发展，但由于我国钢产量在一定时期较低，钢结构仅用在一些重型厂房及大跨度建筑中。改革开放后，我国经济迅速发展，1996 年我国钢产量跃居世界第一位，年产量超过 1 亿 t，钢材的质量、规格和数量基本能够满足我国建筑市场的需求，使钢结构的应用领域有了较大的扩展。在 1997 年，建设部颁发的《中国建筑技术政策》中已明确提出了发展钢结构的要求。随着我国经济的发展和加入 WTO，可以预计，钢结构在我国将会迅猛发展。

混凝土结构从问世到现在，也就是一百多年的历史。1824 年英国人阿斯普丁取得了波特兰水泥(我国称硅酸盐水泥)的专利权，1850 年开始生产。这是形成混凝土的主要材料，使得混凝土在土木工程中得到广泛应用。1854 年英国人威尔金获得了一种混凝土楼板的专利。1861 年法国人莫尼埃用铁丝加固混凝土制成花盆，1867 年莫尼埃获得了这种花盆的专利，并把这种方法推广到工程中，建造了一座蓄水池。1886 年美国入杰克逊首先应用预应力混凝土制作建筑配件，后又用它制作楼板。1930 年法国工程师弗列西涅将高强度钢丝用于预应力混凝土，克服了因混凝土徐变造成所施加的预应力完全丧失的问题。于是，预应力混凝土在土木工程中得到广泛的应用。随后，混凝土结构的设计计算理论和应用也迅速发展。第二次世界大战以后，社会经济建设对建筑结构提出了日益复杂和高标准的要求，使高强度钢筋和高强度混凝土开始广泛应用。由于商品混凝土、装配式混凝土结构等工业化生产技术的推广，使混凝土结构得到迅猛发展，许多大型的结构工程，如高层及超高层建筑结



构、大跨度桥梁、高耸结构及地下工程结构中广泛采用了混凝土结构。在我国,新中国成立后,混凝土结构在建筑工程、桥梁工程、道路工程、水利工程、地下工程等领域的应用迅猛发展,混凝土结构设计理论和施工技术等方面也取得了巨大成就。

二、建筑结构的组成

建筑结构是由若干个单元,按照一定的组成规则,通过正确的连接方式所组成的能够承受并传递荷载和其他间接作用的骨架。而这些单元就是建筑结构的基本构件。

以图 1-1 所示多层房屋为例,建筑结构的基本构件有板、梁、墙、柱、基础等。

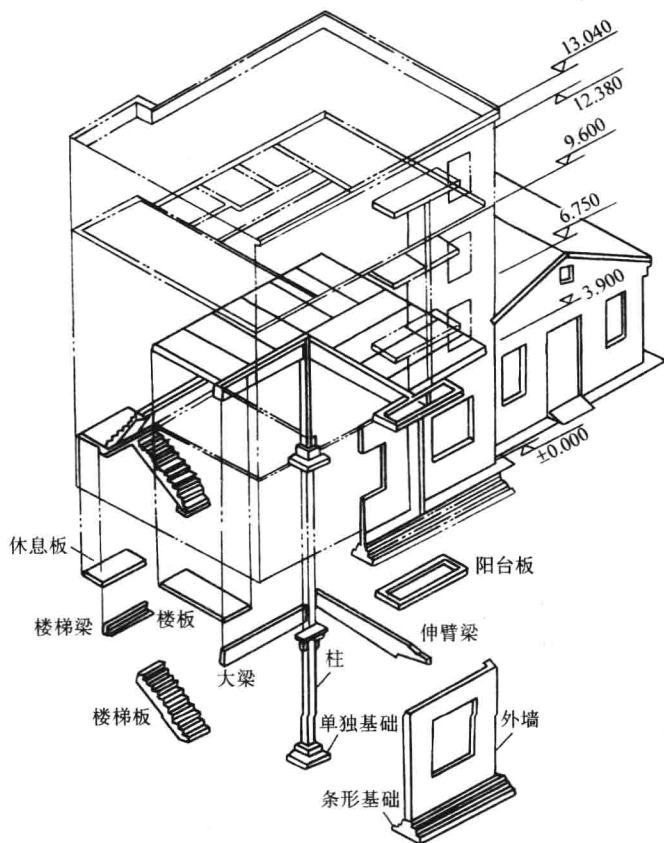


图 1-1 典型多层房屋透视及构件组成

(1) 板 板承受施加在楼板的板面上并与板面垂直的重力荷载(含楼板、地面层、顶棚层的永久荷载和楼面上人群、家具、设备等可变荷载)。板的长、宽两方向的尺寸远大于其高度(也称厚度)。板的作用效应主要为受弯。图 1-1 中的楼板、阳台板、楼梯板都属于这一类构件。

(2) 梁 梁承受板传来的荷载以及梁的自重。梁的截面宽度和高度尺寸远小于其长度尺寸;梁受荷载作用的方向与梁轴线垂直,其作用效应主要为受弯和受剪。图 1-1 中的大梁、伸臂梁、楼梯梁都属于这一类构件。

(3) 墙 墙承受梁、板传来的荷载及墙的自重。墙的长、宽两方面尺寸远大于其厚度,但荷载作用方向却与墙面平行(主要形式),其作用效应为受压(当荷载作用于墙的截面形心



轴线上时),有时还可能受弯(当荷载偏离形心轴线时)。

(4) 柱 柱承受梁传来的压力以及柱的自重。柱的截面尺寸远小于其高度,荷载作用方向与柱轴线平行。当荷载作用于柱截面形心时为轴心受压;当荷载偏离截面形心时为偏心受压(既受压又受弯)。

(5) 基础 基础承受墙、柱传来的荷载并将它扩散到地基上去。

以上都是平面形或直线形构件。此外在其他各类房屋中还经常采用直线形杆件或曲面、曲线形构件,如:

(1) 杆 杆是截面尺寸远小于其长度的杆件,主要承受轴向压力或拉力。在房屋结构中经常由它们组成平面桁架(图 1-2a)或空间网架承受荷载。

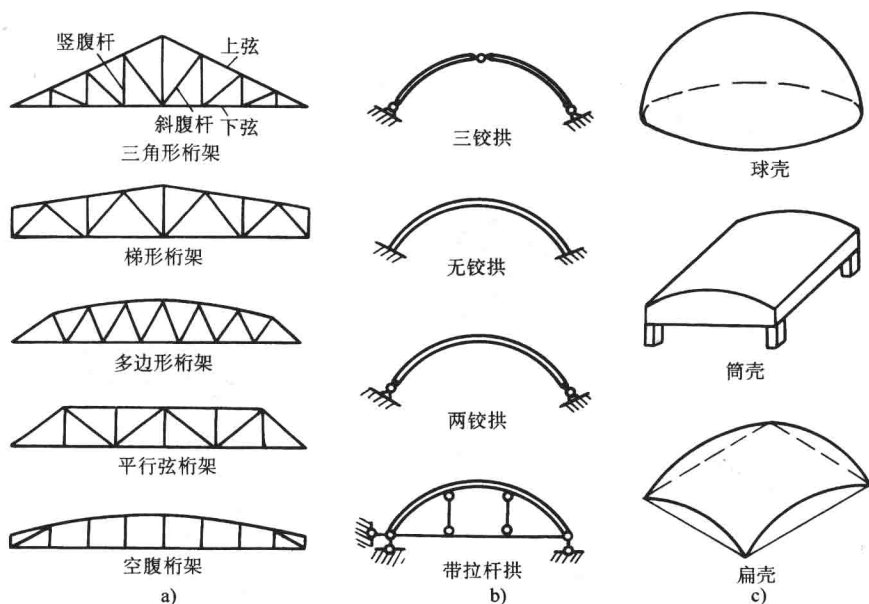


图 1-2 建筑结构的常见构件

a) 桁架 b) 拱 c) 壳

(2) 拱(图 1-2b) 拱是由曲线形构件(称拱圈)或折线形构件及其支座组成,在荷载作用下主要承受轴向压力,有时也承受弯矩和剪力。它比同跨度的梁要节约材料。

(3) 壳(图 1-2c) 壳是由曲线形板与作为边缘构件的梁、拱或桁架组成。它是一种空间形的结构构件,在荷载作用下主要承受压力。它就像动物蛋壳以最薄的壳面构成强大的壳体一样,能以较小的构件厚度形成承载能力很高的结构。

在房屋建筑中,由板、梁和用杆件做成的桁架、网架组成房屋的水平方向结构,它一般是房屋的楼盖和房盖;由柱、墙和用墙做成的井筒组成房屋的竖向结构,它要承受房屋的全部重量并把它们通过基础传给地基,是房屋的主体结构。

三、建筑结构的分类

建筑结构的种类较多,有多种分类方法。一般可以按照结构所用的材料、结构受力体系、使用功能、外形特点以及施工方法等进行分类。各种结构有其一定的适用范围,应根据建筑结构的功



选用。

(1) 按照所采用的材料分类 建筑结构的类型主要有混凝土结构、钢结构、砌体结构和木结构等。混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、纤维筋混凝土结构和其他各种形式的加筋混凝土结构。砌体结构包括砖石砌体结构和砌块砌体结构。不同结构材料可以在同一结构体系中混合使用,形成混合结构,如屋盖和楼盖采用混凝土结构,墙体采用砌体结构,基础采用砖石砌体结构或钢筋混凝土结构,就形成了砖混结构。不同结构材料也可以在同一种构件中混合使用,形成组合构件,如在屋架上弦采用钢筋混凝土,下弦采用钢拉杆,就形成了钢—混凝土组合屋架;又如在钢筋混凝土柱中配置型钢,形成了钢—混凝土组合柱,在钢管中浇筑混凝土形成了钢管混凝土柱等。

(2) 按组成建筑主体结构的形式和受力系统(也称结构受力体系)分类 建筑结构的类型主要有墙体结构(也称剪力墙结构)、框架结构、筒体结构以及它们相互连接形成的框架—剪力墙结构、框架—筒体结构、深梁结构(以深梁代替墙体)、网架结构(用网架做成屋盖)、拱结构、空间薄壳结构和空间折板结构、钢索结构(以钢缆或钢拉杆为主要承重构件)等,如图1-3所示。

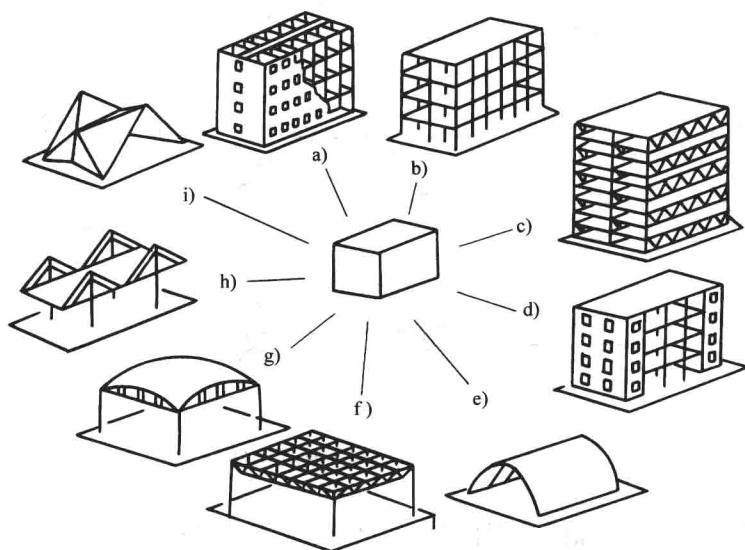


图 1-3 房屋主体结构的各种形式

- a) 墙体结构 b) 框架结构 c) 深梁结构 d) 筒体结构(框架—筒体结构)
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

(3) 其他分类方法

1) 按照建筑物、构筑物或结构使用功能,可以分为房屋建筑结构,如住宅、公共建筑、工业建筑;特种结构,如烟囱、水池、水塔、筒仓、挡土墙等;地下结构,如隧道、涵洞、人防工事、地下建筑等。

2) 按照建筑物的外形特点,可以分为单层结构、多层结构、大跨结构和高耸结构(如电视塔等)。

3) 按照建筑结构的施工方法,可以分为现浇结构、预制装配结构和预制与现浇相结合



的装配整体式结构。另外,按照结构使用前是否预先施加应力,还有预应力结构和非预应力结构等。

第二节 混凝土结构

一、混凝土结构的定义与分类

混凝土结构是以混凝土为主要承载材料制成的结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等。素混凝土结构是由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构;钢筋混凝土结构是由配置受力的钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构;预应力混凝土结构是由配置受力的预应力筋,通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土结构。

二、钢筋混凝土结构

钢筋混凝土是由两种力学性能不同的材料——混凝土和钢筋,按照一定的原则结合成一体,共同发挥作用的结构材料。混凝土硬化后如同石料,抗压强度很高,但抗拉强度很低。而钢筋的抗拉和抗压强度均很高,但是其耐火能力差,在一般环境中容易锈蚀。两者结合,可以取长补短,成为性能优良的结构材料。

钢筋和混凝土有较好的共同工作的基础。这是基于:

1) 钢筋和混凝土之间存在较好的传递应力的能力,在荷载作用下,不产生相对滑移,保证两种材料协调变形、共同受力。混凝土硬化后,钢筋和混凝土接触面之间存在着粘结力,粘结作用主要来源于混凝土中水泥凝胶体的化学粘着力、混凝土硬化收缩握裹钢筋产生的摩擦力和钢筋表面刻痕等产生的机械咬合力。

2) 钢筋和混凝土两种材料的线胀系数相近,钢材为 $1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$,混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ 。当温度变化时,两者不会产生过大的不协调变形而导致破坏。

3) 混凝土对钢筋有良好的保护作用,使结构的耐火能力和耐久性大大提高。

钢筋混凝土结构可以充分发挥两种材料的强度优势,取长补短。现以图 1-4 所示的素混凝土和钢筋混凝土简支梁为例进行说明。

根据工程力学原理,在荷载作用下,梁的跨中正截面上由于弯矩作用,中和轴以上受压,以下受拉,离中和轴距离越大,应力值越高。荷载较小时,随着荷载的增大,受拉区和受压区应力近似线性增大(图 1-4a),当受拉区边缘混凝土的拉应力还没有超过混凝土的抗拉能力时,该梁尚能继续承担荷载。当荷载继续加大至一定值时,受拉区边缘混凝土的拉应力达到混凝土的抗拉能力,出现裂缝。此时,素混凝土梁由于截面裂缝处混凝土退出工作,裂缝向上延伸,截面的实际高度减小,迅速丧失承担外弯矩的能力,梁发生断裂破坏(图 1-4b);钢筋混凝土梁,受拉区出现裂缝后,受拉钢筋承担了大部分受拉区的拉力,该梁仍可以继续承担荷载。随着外荷载的继续增大,钢筋所受的拉应力也不断增大,直至受拉钢筋应力达到屈服强度,受压区混凝土达到抗压强度时被压碎,梁破坏(图 1-4c)。显然,钢筋混凝土梁的承载能力远高于素混凝土梁。素混凝土梁的承载能力取决于混凝土的抗拉强度,而破坏时混凝土的抗压能力远没有发挥。对钢筋混凝土梁而言,其承载能力取决于钢筋的抗拉强度和混凝土的抗压强度,两种材料的优势均得到充分发挥。

钢筋混凝土结构在工程结构中得以广泛应用,除上述能够充分利用两种材料的强度优势外,还有下述一些优点:

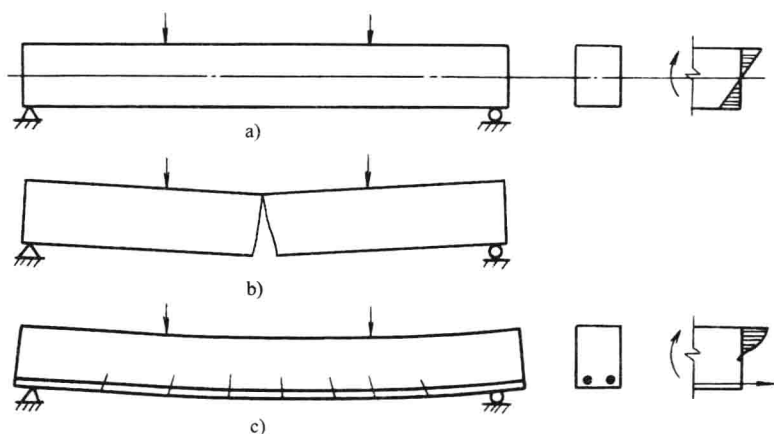


图 1-4 混凝土简支梁破坏示意图

a) 未开裂的素混凝土梁 b) 开裂后的素混凝土梁 c) 开裂后的钢筋混凝土梁

(1) 耐久性好 在正常环境条件下,混凝土材料本身具有很好的化学稳定性,其强度随时间的增加也有所增长。同时,钢筋被混凝土包裹,不易生锈。

(2) 耐火性好 混凝土材料的耐火能力高于其他建筑材料。混凝土的热传导性能较差,在火灾中,由于混凝土对钢筋的包裹,延缓了钢筋的升温过程,使其不至于很快达到软化温度而导致结构破坏。

(3) 可塑性好 新拌混凝土是可塑的,可以根据需要,浇筑成各种形状和尺寸的结构以满足各种工程的需要。

(4) 整体性好 现浇钢筋混凝土结构的整体性好,抵御地震、振动和爆炸以及结构的不均匀沉降能力强。

(5) 就地取材 混凝土材料中,砂、石等用量大的材料产地广泛,易于就地取材。另外,也可以利用工业废料,有利于环境保护。

钢筋混凝土结构的主要缺点是:

(1) 自重重大 混凝土材料的容重约为 20kN/m^3 ,钢筋混凝土的容重接近 25kN/m^3 。与钢结构相比,混凝土结构构件的截面尺寸较大,因此结构的自重也较大,这对建造大跨度结构、高层结构及减少地震反应等不利。

(2) 抗裂性差 由于混凝土材料抗拉性能很差,加之在硬化过程和使用过程中产生收缩,钢筋混凝土结构很容易出现裂缝,与素混凝土相比,钢筋混凝土抗裂能力提高不多。所以,钢筋混凝土结构在正常使用条件下一一般是带裂缝工作的。

(3) 施工环节多,周期长 钢筋混凝土结构的建造需要经过绑扎钢筋、支模板、浇筑、养护等多道施工工序,生产周期较长,施工质量和进度等易受环境条件的影响。

(4) 拆除、改造难度大 混凝土通过内部水泥的水化反应形成一体,其硬化后强度很高。它不能像钢材一样,通过焊接、气割等措施进行二次加工,使构件加大或分割。所以,已有钢筋混凝土结构的拆除和改造的难度较大。



三、混凝土结构的现状与展望

与木结构、砌体结构和钢结构相比,混凝土结构是一种较新的结构形式,它的发展速度和在土木工程中占有的比重是其他结构形式无法相比的,其应用范围涉及到土木工程的各个领域。

在建筑工程中,房屋建筑的楼板几乎全部采用钢筋混凝土现浇板或预制板。多层工业厂房、综合楼和部分建筑标准要求高的住宅和办公楼等结构受力体系一般均采用钢筋混凝土梁、柱等组成的框架结构体系。在高层及超高层建筑中,混凝土结构也占据主导地位,一般采用的是钢筋混凝土框架—剪力墙结构、剪力墙结构、框架—筒体结构和筒体结构等。上海浦东环球金融中心大厦,设计101层,高492m,其内筒采用的就是钢筋混凝土结构。

在其他一些领域,如人防工事、地下停车场、地下铁路车站等大型地下结构工程,电视塔、烟囱等高耸结构,贮水池、水塔、输水管、电线杆等市政设施,筒仓、海上采油平台、核电站的安全壳等特种工业设施,大部分也采用了钢筋混凝土结构。

混凝土结构在20世纪获得了巨大的发展。可以肯定,在21世纪,混凝土将仍然作为主要的建筑工程材料,并在材料性能、构造形式等方面得到进一步的发展。

混凝土材料作为混凝土结构的主体材料,主要向着具有优良物理力学性能和良好耐久性的轻质高强混凝土发展。目前,我国普遍应用的混凝土强度等级一般在C20~C60,个别工程已经应用到C80。新型外加剂的研制与应用将不断改善混凝土的物理力学性能,以适应于不同环境、不同要求的混凝土结构。

配筋材料作为混凝土结构的关键组成部分,除了传统钢筋材料本身的物理力学性能将会不断改善外,新型配筋材料和配筋形式也将不断发展,从而形成许多新的混凝土结构形式,极大地拓宽了混凝土结构的应用范围。如在混凝土中掺入钢纤维等短纤维,形成纤维混凝土结构,可以有效地提高混凝土的抗拉、抗剪等强度,改善混凝土抗裂、抗疲劳、抗冲击等性能;以高强度的碳纤维筋(其强度是普通钢筋强度的10倍以上)等作为配筋,形成纤维筋混凝土结构,可提高结构的承载能力和耐久性;把型钢与混凝土结构组合,形成钢—混凝土组合结构、钢骨混凝土结构和钢管混凝土结构,可以减少混凝土结构的截面尺寸,提高结构的承载力,改善结构的延性;在已有混凝土结构加固时,采用外贴钢板可以提高结构的承载能力和刚度,采用外贴碳纤维或玻璃纤维等材料,可以在提高结构的承载能力和刚度的同时,保护原有结构,提高耐久性。

第三节 钢 结 构

一、钢结构的特点

钢结构是用钢板、角钢、工字钢、槽钢、钢管和圆钢等钢材,通过焊接等有效的连接方式所形成的结构。

钢结构是建筑工程的主要结构形式之一,它与其他材料相比,有以下一些优点:

(1) 强度和比强度高 与混凝土、砖、石和木材等材料相比,钢材密度较大,但是由于其强度要高得多,比强度仍然远高于这些材料。因此,在同等的条件下,钢结构构件小,自重轻,特别适用于大跨度和高层结构。

(2) 材质均匀,性能好,结构可靠性高 钢材内部结构均匀,是比较理想的各向同性的