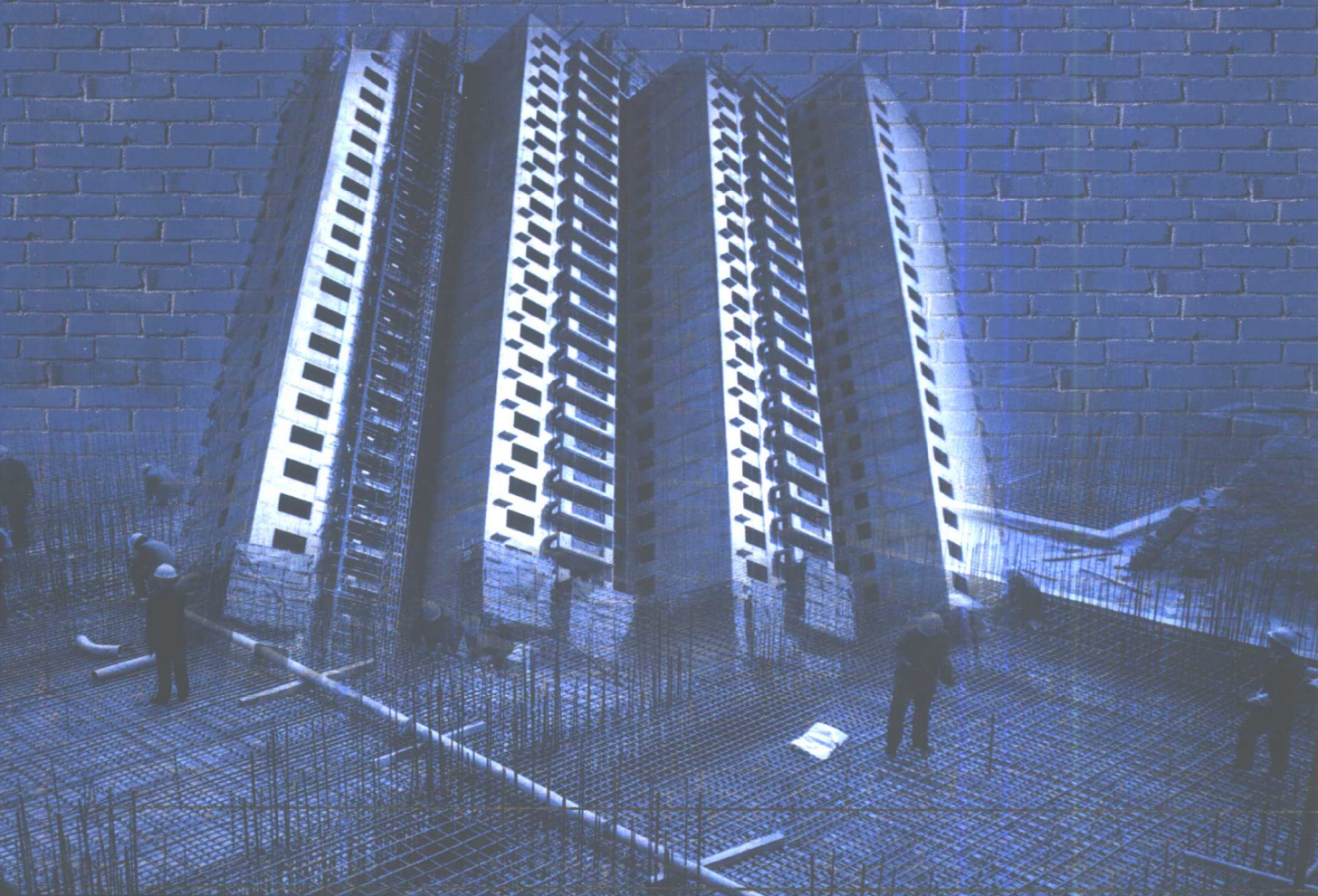


21
世纪

21世纪高职高专系列教材

钢筋混凝土结构 及砌体结构

中国机械工业教育协会 组编



机械工业出版社
China Machine Press



中国铁道出版社

钢筋混凝土结构 及砌体结构

主编 王 强



21 世纪高职高专系列教材

钢筋混凝土结构及砌体结构

中国机械工业教育协会 组编

主 编 金华职业技术学院 汪霖祥

副主编 洛阳大学 张保善

金华市建筑设计院 吕龙水

参 编 洛阳大学 林伟民

金华职业技术学院 吴华君 张卫民 周宏 金持跃 程显凤

日照职业技术学院 胡明文

衢州电业局 周丽红

金华第一建筑工程公司 厉明山

金华市婺城区建筑设计院 徐宇仙

主 审 大连理工大学 王清湘



机械工业出版社

本书是根据高等职业技术教学要求编写的。全书共 18 章, 内容包括钢筋混凝土材料的力学性能, 砌体结构的设计原则、基本构件计算方法, 钢筋混凝土楼屋盖、单层工业厂房、多层框架结构设计, 砌体结构材料力学性能、承载能力计算、砌体结构静力计算方案、几种基本构件的计算方法, 以及为拓宽学生知识面还简要介绍了一些其他土建结构与建筑结构抗震知识。本书注意从实际出发, 理论联系实际, 便于教学。

本书可作为高等职业技术学院、高等学校专科、成人教育、夜大、职大、业大、函大等大专层次的教学用书, 并可作为广大自学者用书及工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

钢筋混凝土结构及砌体结构/中国机械工业教育协会组编. —北京: 机械工业出版社, 2001.7

21 世纪高职高专系列教材

ISBN 7-111-08435-7

I. 钢... II. 中... III. ①钢筋混凝土结构—高等学校: 技术学校—教材②砌体结构—高等学校: 技术学校—教材 IV. TU375

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 042877 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 崔世荣 版式设计: 霍永明 责任校对: 孙志筠

封面设计: 姚毅 责任印制: 路琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·21.75 印张·538 千字

0 001—4 000 册

定价: 32.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任 (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰

大连理工大学 唐志宏

天津大学 周志刚

甘肃工业大学 路文江

江苏理工大学 杨继昌

成都航空职业技术学院 陈玉华

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)

沈阳工业大学 李荣德

河北工业大学 檀润华

武汉船舶职业技术学院 郭江平

金华职业技术学院 余党军

编委会委员 (单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华

山东省职业技术教育师资培

训中心 邹培明

上海电机技术高等专科学校 徐余法

天津中德职业技术学院 李大卫

天津理工学院职业技术学院 沙洪均

日照职业技术学院 李连业

北方交通大学职业技术学院 佟立本

辽宁工学院职业技术学院 李居参

包头职业技术学院 郑刚

北京科技大学职业技术学院 马德青

北京建设职工大学 常莲

北京海淀走读大学 成运花

江苏理工大学 吴向阳

合肥联合大学 杨久志

同济大学 孙章

机械工业出版社 李超群

余茂祚 (常务)

沈阳建筑工程学院 王宝金

佳木斯大学职业技术学院 王跃国

河北工业大学 范顺成

哈尔滨理工大学工业技术学院 线恒录

洛阳大学 吴锐

洛阳工学院职业技术学院 李德顺

南昌大学 肖玉梅

厦门大学 朱立秒

湖北工学院高等职业技术学院

吴振彪

彭城职业大学 陈嘉莉

燕山大学 刘德有

序

1999年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议,作出了“关于深化教育改革,全面推进素质教育的决定”的重大决策,强调教育在综合国力的形成中处于基础地位,坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育,培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力,适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此,教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议,进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务;以适应社会需要为目标;以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案;以“应用”为主旨和特征来构建课程和教学内容体系;高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要,即用人的需求;教材可以“一纲多本”,形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人,教材先行”,教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求,中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套“21世纪高职高专系列教材”。教材首批80余本(书目附书后)已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制(总学时1600~1800)、兼顾2年制(总学时1100~1200)的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点;专业课加强了针对性和实用性,强化了实践教学。为了扩大使用面,在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的,但每本教材又有各自的独立性。因此,各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量,真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材,组织编写队伍时,采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿,以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一,在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验,出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材,在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的系列教材。

中国机械工业教育协会

前 言

本书是高等职业技术教育理工科土木工程类专业的教学用书，是我们在多年高职教学和实践的基础上编写的。

在编写过程中，从高职教育的实际出发，在内容上加强了针对性和实用性，注重与实践教学相辅相成，适用面广，并引用了最新研究成果和规范，开阔思路，理论与实践相结合。精简理论推导，以应用为主，够用为度，其主要指导思想是培养高等技术专门人才。

本书可作为高等院校专科、成人教育、职大、业大、函大等大专层次的教学用书和广大自学者用书及工程技术人员的参考书。为拓宽读者思路，使学生具备一定的可持续发展能力，特增编了第17章其他建筑结构、第18章结构抗震等知识。全书共18章，推荐学时为120学时，各院校可根据实际情况决定内容的取舍。

参加编写本书的单位、人员及分工如下：绪论、第2章、第17章：金华职业技术学院汪霖祥；第1章：金华职业技术学院周宏；第3章、第4章：洛阳大学张保善；第5章、第6章：洛阳大学林伟民；第7章、第8章：日照职业技术学院胡明文；第9章、第16章：金华市婺城区建筑设计院徐宇仙；第10章：金华职业技术学院程显凤、金华第一建筑工程公司厉明山合编；第11章：金华职业技术学院金持跃；第12章：金华职业技术学院吴华君；第14章：金华职业技术学院、吴华君、衢州电业局周丽红合编；第13章、第15章：金华职业技术学院张卫民；第18章：金华市建筑设计院吕龙水。

本书由金华职业技术学院汪霖祥教授任主编，洛阳大学张保善、金华职业技术学院吕龙水为副主编；由汪霖祥、张保善、吕龙水、吴华君统稿。

本书由大连理工大学的王清湘教授主审。

在本书编写过程中，得到金华职业技术学院、洛阳大学等各单位的大力支持，在此表示感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中缺点和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

序
前言

绪论 1

复习思考题 3

第 1 章 混凝土结构的材料

力学性能 4

1.1 钢筋 4

1.1.1 钢筋的化学成分、级别和品种 4

1.1.2 钢筋的强度和变形 5

1.1.3 钢筋的冷加工 6

1.2 混凝土 6

1.2.1 混凝土强度 6

1.2.2 混凝土变形 8

1.3 钢筋和混凝土之间的粘结 11

1.3.1 概述 11

1.3.2 粘结破坏的过程 12

复习思考题 12

第 2 章 土建结构基本计算原则 13

2.1 结构的极限状态设计基础 13

2.1.1 结构构件的功能 13

2.1.2 结构构件的极限状态 13

2.1.3 结构构件的可靠度度量 13

2.2 结构上的作用 15

2.2.1 作用分类与荷载效应 15

2.2.2 荷载的代表值 15

2.3 结构构件的抗力 19

2.4 结构按半概率极限状态计算的实用表达式 19

2.4.1 承载能力极限状态设计表达式 19

2.4.2 正常使用极限状态验算 20

复习思考题 23

第 3 章 钢筋混凝土受弯构件正

截面承载力计算 24

3.1 概述 24

3.1.1 板的一般构造要求 24

3.1.2 梁的一般构造要求 25

3.2 单筋矩形截面钢筋混凝土

土梁受力状态 26

3.2.1 单筋矩形截面钢筋混凝土梁

正截面受力状态的试验研究 26

3.2.2 钢筋混凝土梁正截面的破坏形态 27

3.2.3 受压区混凝土应力图形的简化 28

3.2.4 相对受压区高度及梁的配筋率 29

3.3 单筋矩形梁正截面承载力计算 30

3.3.1 基本假定 30

3.3.2 计算公式 30

3.3.3 计算方法 33

3.3.4 计算举例 34

3.4 双筋矩形梁正截面承载力计算 35

3.4.1 概述 35

3.4.2 基本计算公式 35

3.4.3 计算方法 35

3.4.4 计算举例 36

3.5 T形截面梁正截面承载力计算 37

3.5.1 概述 37

3.5.2 基本计算公式 38

3.5.3 计算方法 40

3.5.4 计算举例 41

复习思考题 42

第 4 章 钢筋混凝土受弯构件斜

截面承载力计算 43

4.1 概述 43

4.2 斜截面的破坏形态及影响

承载力的主要因素 43

4.2.1 无腹筋梁斜裂缝发展

全过程及破坏形态	43	6.4 钢筋混凝土弯剪扭构件	
4.2.2 有腹筋梁斜截面受力特点		承载力计算	74
与破坏形态	44	6.5 钢筋混凝土受扭构件	
4.3 受弯构件斜截面承载力计算	46	的构造要求	75
4.3.1 基本计算公式	46	6.6 计算举例	75
4.3.2 公式的适用范围	47	复习思考题	78
4.3.3 计算截面位置	48	第7章 钢筋混凝土受压构件	79
4.3.4 计算方法	48	7.1 受压构件的分类与构造	79
4.3.5 计算举例	49	7.2 钢筋混凝土轴心受压构件	
4.4 构造要求	52	正截面受压承载力计算	79
4.4.1 抵抗弯矩图	52	7.2.1 轴心受压构件受力	
4.4.2 纵向钢筋的截断与锚固	54	过程及破坏特征	79
4.4.3 箍筋的构造要求	56	7.2.2 轴心受压构件正截面	
复习思考题	57	承载力计算	81
第5章 钢筋混凝土构件的变形		7.2.3 构造要求	81
和裂缝计算	58	7.3 螺旋箍筋柱	83
5.1 概述	58	7.4 钢筋混凝土矩形截面偏心受压构件	
5.2 钢筋混凝土构件的裂缝计算	58	正截面受压承载力计算	85
5.2.1 概述	58	7.4.1 偏心受压构件的破坏特征	85
5.2.2 裂缝宽度的计算公式	59	7.4.2 界限破坏	85
5.2.3 非荷载效应引起裂缝的原因及		7.4.3 附加偏心距	86
相应采取的措施	60	7.4.4 偏心距增大系数	86
5.2.4 计算举例	61	7.5 偏心受压柱的计算方法、	
5.3 钢筋混凝土构件的变形计算	63	适用条件及构造要求	87
5.3.1 钢筋混凝土构件抗弯		7.5.1 矩形截面偏心受压构件正	
刚度的计算原理	63	截面承载力计算	87
5.3.2 受弯构件的挠度计算	65	7.5.2 截面配筋计算	90
5.3.3 计算举例	65	7.5.3 截面承载力校核	93
复习思考题	66	7.5.4 对称配筋矩形截面的配筋计算	95
第6章 钢筋混凝土受扭构件	68	7.5.5 工形截面偏心受压构件的	
6.1 概述	68	正截面承载力计算	96
6.2 纯扭构件受力和承载力计算	68	7.5.6 构造要求	98
6.2.1 素混凝土纯扭构件的受力性能	68	7.5.7 偏心受压构件斜面强度计算	98
6.2.2 素混凝土纯扭构件的		复习思考题	98
承载力计算	69	第8章 受拉构件承载力计算	100
6.2.3 钢筋混凝土纯扭构件的		8.1 轴心受拉构件	100
承载力计算	70	8.2 偏心受拉构件	100
6.3 剪扭和弯扭构件的承载力计算	72	8.2.1 小偏心受拉构件	100
6.3.1 矩形截面剪扭构件承载力计算	72	8.2.2 大偏心受拉构件	101
6.3.2 矩形截面弯扭构件承载力计算	73		

复习思考题	102	10.2.4 次梁的计算与构造要求	138
第9章 预应力钢筋混凝土构件	104	10.2.5 主梁的计算与构造要求	138
9.1 预应力混凝土的概念	104	10.3 钢筋混凝土现浇双向板肋梁楼盖	148
9.2 预加应力的方法	104	10.3.1 双向板的受力特点及试验结果	148
9.2.1 先张法	104	10.3.2 双向板按弹性理论计算	149
9.2.2 后张法	105	10.3.3 双向板支承梁按弹性理论的计算	154
9.2.3 两种方法的适用范围	105	10.3.4 双向板的计算和构造要求	155
9.3 预应力混凝土材料和锚夹具	105	10.4 装配式楼盖	158
9.3.1 混凝土	105	10.4.1 预制板、梁的形式、特点及其适用范围	158
9.3.2 预应力钢筋	105	10.4.2 装配式楼盖构件的计算要点	159
9.3.3 锚具、夹具	106	10.4.3 装配式钢筋混凝土楼盖的连结构造	159
9.4 张拉控制应力和预应力损失	106	10.5 现浇楼梯的计算	161
9.4.1 张拉控制预应力 σ_{con}	106	10.5.1 现浇板式楼梯	161
9.4.2 预应力损失	106	10.5.2 现浇梁式楼梯	164
9.5 预应力混凝土轴心受拉构件的应力分析	110	复习思考题	166
9.5.1 先张法预应力混凝土受拉构件	110	第11章 钢筋混凝土单层工业厂房	167
9.5.2 后张法预应力混凝土受拉构件	111	11.1 单层厂房的组成及受力特点	167
9.6 预应力混凝土受弯构件的应力分析	112	11.1.1 单层厂房结构的主要构件	167
9.7 预应力混凝土结构构件计算	115	11.1.2 单层厂房结构承受的主要荷载和荷载传递路线	168
9.7.1 正截面受弯承载力计算	115	11.1.3 横向排架和纵向排架的受力分析	168
9.7.2 斜截面抗剪承载力计算	116	11.2 单层厂房的平剖面布置	169
9.8 预应力混凝土构件施工阶段验算	117	11.2.1 柱网布置及定位轴线	169
9.9 预应力混凝土局部承压验算	118	11.2.2 厂房横向排架的主要尺寸	170
9.10 预应力混凝土构件的基本构造要求	120	11.2.3 变形缝	171
9.10.1 先张法构件	120	11.3 单层厂房主要构件的选型	171
9.10.2 后张法构件	121	11.3.1 屋盖结构构件	171
复习思考题	121	11.3.2 吊车梁	172
第10章 钢筋混凝土梁板结构	122	11.3.3 柱	172
10.1 概述	122	11.3.4 基础和基础梁	173
10.2 钢筋混凝土现浇单向板肋梁楼盖	123	11.4 抗风柱、圈梁和连系梁的作用及布置原则	174
10.2.1 结构布置	123	11.4.1 抗风柱的布置	174
10.2.2 结构内力计算	124	11.4.2 圈梁、连系梁、过梁的布置	175
10.2.3 连续板的计算与构造要求	136	11.5 支撑的布置原则	176

11.5.1 支撑的作用与分类	176	12.6.2 构件构造要求	234
11.5.2 屋盖支撑	176	复习思考题	235
11.5.3 柱间支撑	176	第 13 章 砌体结构材料	237
11.6 单层厂房排架计算	177	13.1 砌体材料、块材类别、 等级与选材	237
11.6.1 排架计算简图	177	13.1.1 块材类别、尺寸、等级	237
11.6.2 排架荷载计算	178	13.1.2 砂浆	239
11.6.3 用剪力分配法计算等高排架	184	13.1.3 选材	239
11.6.4 排架的荷载组合和内力组合	189	13.2 砌体结构种类及力学特征	240
11.6.5 单层厂房柱设计	191	13.2.1 砌体的种类	240
11.6.6 柱下单独基础	194	13.2.2 砌体的力学性能	242
11.6.7 单跨厂房钢筋混凝土排架 (柱与基础) 设计	195	复习思考题	249
复习思考题	208	第 14 章 砌体结构构件 承载力计算	250
第 12 章 多层框架结构	212	14.1 受压构件承载力计算	250
12.1 多层结构体系与框架类型	212	14.2 局部受压	256
12.1.1 常用的多层、高层结构体系	212	14.2.1 砌体局部抗压强度 提高系数 γ	257
12.1.2 框架结构类型	212	14.2.2 局部均匀受压承载力计算	257
12.1.3 框架结构的设计步骤	213	14.2.3 梁端支承处砌体的局部受压	257
12.2 多层框架结构布置与 变形缝设置	213	14.2.4 梁端下设有预制或现浇刚性垫块时 垫块下砌体的局部受压承 载力计算	258
12.2.1 框架的承重体系布置	213	14.3 受拉、受弯和受剪构件	261
12.2.2 变形缝的设置	215	14.3.1 轴心受拉构件承载力计算	261
12.3 多层框架结构计算简图	215	14.3.2 受弯构件承载力计算	262
12.3.1 框架梁、柱截面尺寸的 初步选定及材料	215	14.3.3 受剪构件承载力计算	262
12.3.2 计算单元的选取	216	14.4 配筋砌体及其构造	264
12.3.3 计算模型的确定	216	14.4.1 网状配筋砌体	264
12.3.4 荷载图式的简化	217	14.4.2 组合砖砌体	267
12.4 多层框架在荷载作用下 的内力计算	218	复习思考题	269
12.4.1 竖向荷载作用下的框架内力 计算方法	219	第 15 章 混合结构墙、柱设计	271
12.4.2 水平荷载(风荷)作用下框架 内力计算	223	15.1 房屋空间工作性能及 静力计算方案	271
12.5 多层框架在水平荷载作用下 的侧移近似计算	231	15.1.1 房屋的承重方案	271
12.5.1 框架侧移计算	231	15.1.2 砌体房屋的静力计算方案	272
12.5.2 侧移限值	232	15.2 墙、柱的构造要求	276
12.6 多层框架内力组合	232	15.2.1 墙、柱的高厚比验算	276
12.6.1 框架内力组合	232		

15.2.2 对墙、柱的构造要求	280	17.4 特种结构	310
15.3 单层房屋墙、柱承		17.4.1 水塔	310
载力的验算	284	17.4.2 烟囱	313
15.3.1 单层刚性方案房屋计算	284	17.4.3 筒仓	313
15.3.2 单层弹性方案房屋计算	284	复习思考题	314
15.3.3 单层刚弹性方案房屋计算	284	第 18 章 建筑结构的抗震简介	315
15.4 多层刚性方案房屋墙、		18.1 地震成因、震级和烈度	315
柱承载力的验算	285	18.2 我国抗震地震的形势	
复习思考题	287	与抗震策略	316
第 16 章 砌体结构中的构件	288	18.3 建筑场地、地基和基础	318
16.1 过梁	288	18.3.1 建筑场地的选择	318
16.2 圈梁	289	18.3.2 场地类型划分以及场	
16.2.1 圈梁的设置	289	地土的类型划分	318
16.2.2 圈梁的主要构造要求	290	18.3.3 地基基础	318
16.3 挑梁及雨篷	290	18.4 多层砌体房屋及钢筋混凝土多层、	
16.3.1 挑梁	290	高层建筑结构抗震设计	319
16.3.2 雨篷	292	18.4.1 抗震设计的原则	319
16.4 墙梁	294	18.4.2 多层砌体房屋抗震	
16.4.1 墙梁的一般规定和计算简图	294	设计的一般规定	319
16.4.2 墙梁承载力计算	295	18.4.3 高层建筑结构体系、受力性能、	
16.4.3 墙梁的主要构造要求	297	适用范围	320
复习思考题	297	18.4.4 水平地震作用效应	321
第 17 章 其他土建结构构件	299	18.4.5 砌体结构墙体截面抗震	
17.1 拱结构	299	承载力验算	324
17.2 空间薄壁结构	300	18.4.6 多层砌体房屋的抗震构造措施	325
17.2.1 壳体结构的曲面形式	300	18.4.7 钢筋的锚固与接头	327
17.2.2 球壳	301	18.4.8 抗震墙结构构造	329
17.2.3 筒壳	303	18.5 底层框架和多层内框架砌体	
17.2.4 双曲扁壳	304	房屋抗震设计要点	329
17.2.5 扭壳	305	18.5.1 一般规定	330
17.2.6 折板与幕	306	18.5.2 计算要点	330
17.3 高层建筑的结构体系	308	18.5.3 构造措施	331
17.3.1 框架结构体系	308	复习思考题	331
17.3.2 剪力墙结构体系	308	附录 本书部分物理量符号	
17.3.3 框架—剪力墙结构体系	309	及其含义	333
17.3.4 其他高层建筑结构体系	310	主要参考文献	336

绪 论

用一定的材料，建造成具有足够抵抗能力的空间骨架，抵御自然界可能发生的各种作用（力），为人类的需要服务，这种骨架就是工程结构。

工程结构可以由板（平板、曲面板）、梁（直梁、曲梁）、桁架、网架等水平方向的结构构件和柱、墙、框架等竖直方向的结构构件组成。主体结构主要型式可分为墙体结构、框架结构、拱结构、悬索结构、网架结构、空间薄壁结构和舱体密封结构等。

混凝土结构与砌体结构的两类材料均有较高的承压能力、极低的承拉能力和塑性性能。组成构件后，容易开裂，以致削减受力截面，减少了刚度，不能发挥材料有限的塑性性能，导致突然的脆性破坏。

为了减少上述缺陷，在混凝土结构与砌体结构构件部位，放上延性较好抗拉能力强的材料如钢筋，形成加强的配筋混凝土及配筋砌体结构。只要配筋适当，材料的塑性充分发挥，延缓（脆性）破坏在构件截面不增加的情况下，拉压承受能力将增多。如果进一步要求提高构件抗裂能力和减小裂缝宽度，增加刚度，可以沿出现拉应力方向预先给以压力（如捆绑一摞书、木桶外加箍），就成了预加应力混凝土结构。上述混凝土结构、配筋混凝土结构、预应力混凝土结构和砌体结构构件的具体构造与计算，是本课程研讨的内容。钢筋与混凝土两种材料能够协调工作的原因是：①钢筋与混凝土之间存在粘结力，能使两者协调变形、相互作用、共同受力；②钢筋和混凝土的线胀系数接近，当所处环境温度变化时，它们之间不会产生相对变形使粘结力遭到破坏；③混凝土裹住钢筋，使钢筋不易生锈，也不致因受火灾使钢筋达到软化温度导致结构破坏，因而钢筋混凝土构件具有耐久性。

钢筋混凝土结构具备下列优点：①耐久性；②耐火性，混凝土保护钢材以免高温软化；③整体性，与其他材料构成的结构构件相比，混凝土结构构件可整体浇注，提高了刚度，抗震能力较强；④可模性，可以较多地满足建筑体型要求支模进行浇注，可以做成多种几何形态；⑤取材容易，混凝土原材料中大量的砂、碎石以及工业废料如矿渣、粉煤灰、陶粒等均地方性材料，多而易得，毁土地少。水泥和钢材用量相对较少，以上诸多优点使其有利于发展。

但是，钢筋混凝土结构仍有缺点：①自重大，限制结构往高度及大跨发展；②隔音隔热性能稍差；③结构加固维修较难；④支模、绑扎、焊接钢筋与混凝土浇注施工比较复杂，技术性较高，现场作业量大，施工连续性要求高，易受季节性影响，比较费工费时。因此，一方面，发展轻质高强材料，扩大预应力混凝土结构使用面，改善结构与构件型式（如拱、壳、折板等空间结构替代板梁柱等），充分发挥材料及结构性能，减轻结构构件自重等十分必要。另一方面，提高施工技术，减少现场作业量（如预制构件、生产工厂化），积极采用先进施工技术（如大模、滑模等），进行现代化施工，改革经营承包机制，以先进设计促进施工，均能削弱混凝土结构的缺陷。

由于混凝土结构有上述优点，因此近百年来广泛用于土木建筑工程中，尤其建国以来不断改善混凝土结构设计方法与施工方法，引入国外先进经验，使设计与质检工作逐步规范化，大

大扩大了混凝土结构的使用面。我国已能建造大量混凝土结构，大到百米以上的大跨结构，如长江大桥、高达 200m 的高层建筑，小到空心预制板等，已应用在多种工程领域和多种结构体系中，例如：

(1) 民用建筑的楼盖屋盖梁板结构、楼梯、雨篷、阳台、大板结构和框架轻板结构，各种基础。

(2) 高层建筑结构，高达 50 层 160 余 m 的钢筋混凝土筒中筒结构。

(3) 工业厂房的板梁、起重量达 4000kN 的吊车梁，整体式及装配式厂房，预应力混凝土结构和混凝土折板，T 板屋盖。

(4) 大跨度公共建筑结构，如车站、会堂、剧院、展览馆、体育馆等门框式刚架，跨度达到 50m 的拱壳， $35\text{m} \times 35\text{m} \times 0.08\text{m}$ 的矩形双曲扁壳，长径 $60\text{m} \times$ 厚 0.08m 的椭圆旋转曲面圆壳。

(5) 特种结构，如大烟囱、水池、水塔、冷却塔、筒仓、栈桥等。

(6) 交通运输工程中的大跨桥梁、立交桥、涵洞、隧道、地铁、挡土墙、轨枕、飞机场、道路等。

(7) 水利工程的疏水枢纽、渡槽、大坝、水电站、码头、船坞等。

(8) 国防工程中抵抗辐射的结构，防御工事，防空地下室等。

各种土木建筑结构在混凝土与砌体结构的设计计算理论方面，先凭经验估计构件截面。建国前和建国初期，采用安全系数以容许应力法确定截面。20 世纪 60~70 年代，采用破损极限状态法设计结构构件（GBJ21-66《钢筋混凝土结构设计规范》）。80 年代初，从多系数单一安全系数法（TJ10-74），发展到半概率极限状态计算。80 年代中制订了 GBJ68-84《建筑结构设计统一标准》，80 年代末引用了近似概率极限状态设计，制订了 GBJ10-89《混凝土结构设计规范》和 GBJ3-88《砌体结构设计规范》。本世纪初，全面修订为新的有关结构设计规范，如 GB50003《砌体结构设计规范》、GB50009《建筑结构荷载规范》、GB50010《混凝土结构设计规范》、GB50011《建筑结构抗震设计规范》。

本课程探讨相应结构的设计计算基本理论和实用方法，是土建专业主干课程之一。本课程绪论及第 1、2 章阐明混凝土与砌体结构应用，两种基本材料的力学性能和结构构件设计计算基本原则。第 3 章至第 8 章论证混凝土结构构件在弯、剪、拉、扭、压时的受力性能、设计计算方法和构造措施。第 9 章介绍预应力混凝土结构受力性能、设计与构造要点。第 10 章至第 12 章分别叙述钢筋混凝土板梁结构体系、单层厂房与多层房屋框架结构的选型、内力分析方法和构造处理。第 13 章至第 16 章介绍一般工程中常遇到的砌体结构问题。第 17、18 章简单介绍一些其他结构和结构抗震设计构造要点。

混凝土与砌体非单一匀质弹性材料，力学性能比较复杂，并且有许多计算公式是建立在试验基础上的经验公式和一定构造基础上的，因此结构构造措施是至关重要的。学习本课程要求领会必须的理论知识，了解结构布置选型和结构内力的分析方法，熟悉基本构件截面选择与构造处理，经实践，初步学会运用理论知识进行简易结构布置，计算简图，计算结构构件，绘制结构施工图，了解设计意图，审议设计方案，确定施工工艺，为处理工程事故做出正确判断，制订技术政策。

本课程将用到多科（课）知识，影响因素较多，综合性要求强，应逐步培养分析归纳能力，善于抓住核心实质和发展变化。

本课程内容实践性强，工程质量控制要求严谨，一定要遵守技术法规，增强法制观念。

本课程内容比较简明扼要，学习时应力求深入细致理解，强调必须进一步在工作实践中学习，做到理论联系实际，学以致用。

复习思考题

1. 你对学习本课程有何看法？
2. 你认为怎样才能学好本课程？

第1章 混凝土结构的材料力学性能

本章叙述了钢筋和混凝土的强度、变形以及两者共同工作时的性能，这些都是根据试验研究所观察到的现象和测定到的数据，学习时要深刻理解其本质，以便弄清两种材料的物理力学性能。

1.1 钢筋

1.1.1 钢筋的化学成分、级别和品种

钢筋的力学性能主要取决于它的化学成分，其中铁元素是主要成分，此外还含有少量的碳、锰、磷、硫等元素。钢筋中碳的含量增加，强度就随之提高，但塑性和可焊性降低。根据钢材中含碳量的多少，通常可分为低碳钢（碳的质量分数少于0.25%）和高碳钢（碳的质量分数在0.6%~1.4%）。在低碳钢中，加入少量锰、硅、铌、钒、钛、铬等元素，便成为普通低合金钢，如20锰硅、45硅锰钒等。

钢筋混凝土和预应力混凝土结构中所用的国产钢筋，按其生产加工工艺和力学性能，可以分为热轧钢筋、冷拉钢筋、热处理钢筋和钢丝四类。

1. 热轧钢筋 热轧钢筋按其强度由低到高分成四级：Ⅰ、Ⅱ、HRB400、RRB400，它们由冶金工厂直接热轧成型。

（1）Ⅰ级热轧钢筋（Φ）是由普通碳素Q235经热轧而成的光面圆钢筋。它是一种低碳钢，质量稳定，塑性好，易焊接，易加工成形。但强度低，主要用于中小型钢筋混凝土结构构件中的受力钢筋以及各种构件的箍筋和构造钢筋。

（2）Ⅱ级热轧钢筋（Φ）主要是由20MnSi低合金钢经热轧而成的变形钢筋。其表面形状通常有螺纹形和月牙形两种。这种钢筋的强度较高，塑性和焊接性能都比较好，易加工成形。它主要用作大中型钢筋混凝土结构构件的主筋，特别是承受多次重复荷载、地震作用及其他振动和冲击荷载的结构构件的受力主筋和预应力混凝土构件中的非预应力钢筋。

（3）HRB400（Φ）由20MnSiV、20MnSiNb、20MnTi低合金钢经热轧而成的变形钢筋，外形为月牙纹形。其强度高且与混凝土的粘结性能较好。新Ⅲ级钢HRB400将作为主导钢筋。

（4）RRB400（Φ）其代表钢种有20MnSi等。由于含碳量较高，因此强度较高，但塑性和可焊性较差，一般经冷拉后作预应力钢筋。

2. 冷拉钢筋 在常温下，对普通热轧钢筋进行张拉，使其应力超过屈服点，以提高其屈服强度。

3. 热处理钢筋 热处理钢筋是Ⅳ级热轧钢筋等经过淬火和回火处理后制成。钢筋经淬火后强度大幅度提高，但塑性和韧性相应降低。

4. 钢丝 直径小于6mm的钢筋称为钢丝。国产钢丝包括：碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线及冷拔低碳钢丝四种。钢丝的直径越细，其强度越高。冷拔低碳钢丝是用直径较小的Ⅰ级热轧钢筋用冷拔机经过几次冷拔之后形成的。钢丝都是用于预应力混凝土结构。《现行建筑

《结构设计规范》根据建筑结构对钢丝质量要求把它分成甲乙两级。甲级钢丝对质量要求严格,要求对钢丝逐盘抽样检验,主要用于民用建筑中小型预应力构件的预应力筋。乙级钢丝只要求分批进行检查,故一般用于中小型的构件的箍筋和构造钢筋以及焊接钢筋网和焊接骨架中的钢筋。预应力钢筋以钢绞线及高强钢丝作为主导钢筋。

1.1.2 钢筋的强度和变形

根据钢筋在单调受拉时应力、应变曲线特点的不同,可将钢筋分为有明显屈服点和无明显屈服点两类。

1. 有明显屈服点的钢筋 工程上这类钢筋习惯称为软钢,软钢从加载到拉断,有四个阶段。图 1-1a 所示为软钢的应力—应变曲线,自开始加载至应力达到 a 点以前,应力应变成线性关系, a 点应力称为比例极限, Oa 段属于线弹性工作阶段;应力达到 b 点后,钢筋进入屈服阶段,产生很大的塑性变形, b 点应力称为屈服强度,在应力—应变曲线中呈现一水平段,称为屈服台阶;超过 c 点后,应力应变关系重新表现为上升的曲线, cd 称为强化段。曲线最高点 d 对应的应力称为抗拉强度,此后钢筋试件产生颈缩现象,应力—应变关系成为下降曲线,应变继续增加,到 e 点断裂, de 段为破坏阶段。

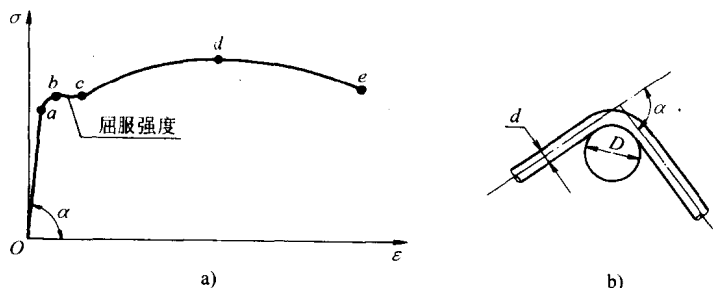


图 1-1 有明显屈服点钢筋的应力应变曲线

塑性性能点所对应的横坐标为伸长率,它标志钢筋的塑性,伸长率越大,塑性越好。钢筋的塑性除用伸长率标志外,还可用冷弯试验来检验。冷弯就是把钢筋围绕直径为 D 的钢辊弯转 α 角而要求不发生裂纹(图 1-1b)。钢筋塑性越好,冷弯角 α 就越大。

屈服强度是钢筋混凝土构件中设计时钢筋强度标准值的依据。因为钢筋屈服后产生较大的塑性变形,这将使构件变形的裂缝宽度大大增加,以致无法使用,所以在计算中采用屈服强度作为钢筋的强度标准值。

2. 无明显屈服点的钢筋 无明显屈服点的钢筋工程上习惯称为硬钢。硬钢强度高,但塑性差,脆性大。从加载到拉断,不像软钢那样有明显的屈服阶段,基本上不存在屈服台阶。图 1-2 所示为硬钢的应力—应变曲线。

由图 1-2 可知,这类钢筋只有一个强度指标,即抗拉强度。如前所述,在设计中,一般取残余应变为 0.2% 所对应的应力 $\sigma_{0.2}$ 作为无屈服点钢筋的强度取值,通常称为条件屈服强度。为了简化计算,《现行建筑结构设计规范》统一取 $\sigma_{0.2} = 0.8\sigma_b$,其中 σ_b 为无明显屈服点钢筋的抗拉强度,作为强度标准值,见表 1

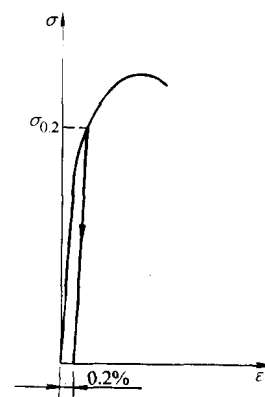


图 1-2 无明显屈服点钢筋的应力—应变曲线