

21世纪全国高等院校土木建筑专业“十一五”规划教材

工程结构

GONGCHENG JIEGOU

刘玲 主编
刘小芳 副主编
吴建林
杨世浩



中国计划出版社

21 世纪全国高等院校土木建筑专业“十一五”规划教材

工 程 结 构

刘 玲 主 编

吴建林 刘小芳 副主编
杨世浩 姜天华

中国计划出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程结构 / 刘玲主编. —北京: 中国计划出版社,
2008. 4
21 世纪全国高等院校土木建筑专业“十一五”规划教
材

ISBN 978-7-80242-080-9

I. 工… II. 刘… III. 工程结构—高等学校—教材
IV. TU3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第047932号

内 容 简 介

本书根据教育部土建学科教学指导委员会工程管理分委会编制的工程管理专业培养目标和工程结构课程教学大纲的要求,按照我国颁布的最新设计规范,结合作者讲授工程结构的教学心得而编写。

全书分两篇共计 17 章,上篇为建筑工程结构,下篇为道路与桥梁工程结构。本书主要内容包括:建筑结构概论及其设计原理;混凝土结构;砌体结构;钢结构;道路工程结构;桥梁工程结构。

本书可作为高等院校工程管理、土木工程及相关专业的教材,也可作为工程技术人员、施工项目管理人员及工程咨询人员的参考书。

21 世纪全国高等院校土木建筑专业“十一五”规划教材 工程结构

刘 玲 主编

☆

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 25.75 印张 633 千字

2008 年 4 月第一版 2008 年 4 月第一次印刷

印数 1—3000 册

☆

ISBN 978-7-80242-080-9

定价:50.00 元

前 言

本书根据工程管理专业培养目标和工程结构课程教学大纲的要求进行编写,力求保持简明扼要、通俗易懂的编著风格,并坚持理论性、实用性相结合的编著思路,在书中反映工程结构的通用做法和发展动态。

本书的主要特色:一是对“工程结构”中的“工程”范围进行了拓展。以往工程结构课程教学主要是针对建筑工程,而本书中的“工程”涵盖了建筑工程、道路工程和桥梁工程等主要工程结构,使工程结构课程知识体系更加完备,知识覆盖面更为广泛。二是将工程结构课程“科普化”,即把复杂的内容简单化,抽象的内容具体化,枯燥的内容生动化。三是对知识体系内容进行了更新,把新技术、新规范、新标准、强制性条文等法规依据融会于课程知识体系中。

本书共两篇 17 章,上篇为建筑工程结构,主要包括建筑结构概述及其设计计算原理;混凝土结构——包括钢筋和混凝土材料力学性能,轴心受力构件承载力计算、受弯构件正截面、斜截面承载力计算,偏心受力构件承载力计算,钢筋混凝土构件变形及裂缝宽度验算,预应力混凝土构件计算,梁板结构设计计算等;砌体结构——包括砌体材料及力学性能,混合结构房屋墙、柱设计,无筋砌体构件承载力计算,以及过梁、圈梁等;钢结构——包括建筑钢材,钢结构的连接,以及门式刚架轻钢结构简介。下篇为道路与桥梁工程结构,道路工程——包括路基工程概述、路基边坡稳定性分析、挡土墙设计、路基排水,路面工程概述、沥青路面设计、水泥混凝土路面设计;桥梁工程——包括桥梁的基本组成与分类、钢筋混凝土与预应力混凝土梁式桥、拱桥、刚架桥、斜拉桥、悬索桥以及桥梁支座、墩台与基础。

本书由武汉科技大学刘玲主编,并负责全书的统稿工作。各章参编人员分工为:武汉科技大学刘玲(第 1、2、3、11 章),武汉工业学院吴建林(第 5、6、12 章),华中科技大学刘小芳(第 7、8、9、10 章),武汉科技大学姚晓庆(第 4、13、14、15 章),中国地质大学杨世浩(第 16 章);武汉科技大学姜天华(第 17 章)。

作者在本书编写过程中,参阅和引用了不少专家、学者论著中的有关资料,在此表示衷心的感谢。

由于作者的理论水平和工作实际经验有限,书中难免有不妥和错误之处,敬请各位专家和读者不吝指正。

编者

2008 年 1 月

目 录

上篇 建筑工程结构

第1章 建筑工程结构概述	3
1.1 建筑结构的概念和分类	3
1.1.1 建筑结构的概念	3
1.1.2 建筑结构的分类	3
1.2 常见建筑结构体系及其应用	7
1.2.1 混合结构体系	7
1.2.2 框架结构体系	7
1.2.3 剪力墙体系	7
1.2.4 框架-剪力墙结构	8
1.2.5 筒体结构	8
1.2.6 桁架结构体系	9
1.2.7 网架结构	10
1.2.8 拱式结构	11
1.2.9 悬索结构	12
1.2.10 薄壁空间结构	13
1.3 工程结构课程的任务、特点及学习方法	13
1.3.1 课程的任务	13
1.3.2 课程的特点	13
1.3.3 学习方法	14
练习题	14
第2章 建筑结构基本计算原理	16
2.1 结构设计的基本要求和极限状态	16
2.1.1 结构的功能要求	16
2.1.2 结构的极限状态	17
2.1.3 建筑结构设计方法	17
2.2 结构上的作用、作用效应和结构抗力	18
2.2.1 结构上的作用	18
2.2.2 作用效应与结构抗力	21
2.3 概率极限状态设计法	22
2.3.1 功能函数与极限状态方程	22

2.3.2 结构可靠度与失效概率	23
2.3.3 结构构件的可靠指标	24
2.3.4 目标可靠指标及安全等级	24
2.4 极限状态实用设计表达式	25
2.4.1 承载能力极限状态设计表达式	25
2.4.2 正常使用极限状态设计表达式	26
2.5 房屋结构的耐久性要求	28
2.5.1 结构设计使用年限	28
2.5.2 混凝土结构耐久性的环境类别	28
2.5.3 混凝土结构的耐久性要求	29
练习题	30
第3章 钢筋和混凝土材料的力学性能	31
3.1 混凝土的强度	31
3.1.1 立方体抗压强度	31
3.1.2 轴心抗压强度	32
3.1.3 轴心抗拉强度	33
3.2 混凝土的变形	35
3.2.1 混凝土在一次短期荷载下的变形	35
3.2.2 混凝土的弹性模量、变形模量	37
3.2.3 混凝土的徐变	38
3.2.4 混凝土的收缩与膨胀	40
3.3 钢筋	40
3.3.1 钢筋种类与化学成分	40
3.3.2 钢筋的力学性能	42
3.4 钢筋与混凝土的黏结	45
3.4.1 黏结强度及影响因素	45
3.4.2 钢筋的锚固	46
3.4.3 钢筋的连接	48
练习题	49
第4章 轴心受力构件的承载力计算	51
4.1 轴心受压构件承载力计算	52
4.1.1 普通箍筋柱	52
4.1.2 螺旋箍筋柱	55
4.2 轴心受拉构件承载力计算	58
4.2.1 受力分析和破坏特征	58
4.2.2 承载力计算公式	59
4.3 轴心受力构件配筋构造	60
4.3.1 截面形状和尺寸	60
4.3.2 混凝土	60

4.3.3 纵向钢筋	60
4.3.4 箍筋	61
4.3.5 钢筋的连接	62
练习题	62
第5章 受弯构件正截面承载力	64
5.1 受弯构件基本构造要求	64
5.1.1 截面形式及尺寸	64
5.1.2 材料选择与一般构造	65
5.2 梁正截面受弯性能的试验分析	68
5.2.1 梁正截面受弯的三个阶段	68
5.2.2 梁正截面受弯的三种破坏形态	69
5.3 单筋矩形截面的承载力计算	70
5.3.1 计算基本假定	71
5.3.2 基本计算公式	72
5.3.3 公式适用条件	73
5.3.4 基本公式的应用	74
5.4 双筋矩形截面的承载力计算	76
5.4.1 双筋矩形截面概述	76
5.4.2 计算公式与适用条件	76
5.4.3 计算公式的应用	77
5.5 单筋T形截面的承载力计算	79
5.5.1 单筋T形截面概述	79
5.5.2 计算公式及适用条件	80
5.5.3 计算公式的应用	82
练习题	84
第6章 受弯构件斜截面承载力	86
6.1 梁的受剪性能	86
6.1.1 斜截面承载力概述	86
6.1.2 斜截面受剪破坏形态	87
6.1.3 影响斜截面受剪承载力的主要因素	88
6.2 斜截面受剪承载力计算	89
6.2.1 受剪承载力的计算公式及适用条件	89
6.2.2 受剪承载力计算	90
6.3 保证斜截面受弯承载力的构造措施	95
6.3.1 抵抗弯矩图的概念	95
6.3.2 保证斜截面受弯承载力的构造要求	96
6.3.3 梁内纵向受力钢筋构造要求	97
6.3.4 梁内箍筋的构造要求	100
6.3.5 梁内弯起钢筋构造要求	101

练习题	102
第7章 偏心受力构件的承载力计算	104
7.1 偏心受压构件正截面的承载力计算	104
7.1.1 偏心受压构件正截面破坏形态	104
7.1.2 偏心受压构件承载力的 $M-N$ 相关曲线	106
7.1.3 偏心距增大系数、偏心受压构件的纵向弯曲影响	106
7.1.4 偏心受压构件正截面受压承载力计算公式	107
7.1.5 对称配筋矩形截面偏心受压构件承载力计算	109
7.1.6 偏心受压构件的构造要求	113
7.2 偏心受拉构件正截面的承载力计算	115
7.2.1 偏心受拉构件的受力特点	115
7.2.2 偏心受拉构件正截面承载力计算	115
7.3 偏心受压构件斜截面的承载力计算	117
7.4 偏心受拉构件斜截面的承载力计算	119
练习题	119
第8章 混凝土构件的变形及裂缝宽度验算	121
8.1 混凝土构件变形及裂缝概述	121
8.2 受弯构件的裂缝宽度验算	122
8.2.1 裂缝控制的目的与要求	122
8.2.2 裂缝的分布与发展	122
8.2.3 平均裂缝间距	122
8.2.4 平均裂缝宽度	123
8.2.5 最大裂缝宽度与裂缝验算	125
8.3 受弯构件的挠度验算	126
8.3.1 挠度的计算方法	127
8.3.2 受弯构件短期刚度计算	127
8.3.3 受弯构件长期刚度计算	129
8.3.4 受弯构件挠度的计算	130
练习题	130
第9章 预应力混凝土构件计算	132
9.1 预应力混凝土的基本概念	132
9.1.1 预应力混凝土的基本原理	132
9.1.2 预应力混凝土的分类	134
9.2 施加预应力的方法和锚具	134
9.2.1 预加应力的方法	134
9.2.2 锚具	136
9.3 预应力混凝土材料要求	138
9.3.1 钢筋	138
9.3.2 混凝土	138

9.4 张拉控制应力与预应力损失	138
9.4.1 张拉控制应力	138
9.4.2 预应力钢筋的预应力损失	140
9.4.3 预应力损失值的组合	141
9.5 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	142
9.5.1 预应力混凝土构件的计算内容	142
9.5.2 预应力混凝土轴心受拉构件应力分析	142
9.5.3 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	145
练习题	148
第10章 梁板结构设计	150
10.1 梁板结构设计概述	150
10.1.1 钢筋混凝土楼盖的分类	150
10.1.2 整体式钢筋混凝土楼盖的结构类型	151
10.2 现浇单向板肋梁楼盖	152
10.2.1 现浇单向板楼盖结构布置	153
10.2.2 按弹性理论计算单向板肋梁楼盖	155
10.2.3 按塑性内力重分布方法计算单向板肋梁楼盖	160
10.2.4 截面计算和构造要求	164
10.2.5 整体式单向板肋梁楼盖设计例题	170
10.3 整体式双向板肋梁楼盖	184
10.3.1 双向板的受力特征	184
10.3.2 双向板的实用计算	185
10.3.3 双向板的截面设计与配筋构造	187
10.3.4 双向板支承梁的计算	188
练习题	188
第11章 砌体结构设计	189
11.1 砌体结构概论	189
11.1.1 砌体结构的发展概况	189
11.1.2 砌体结构的优缺点	190
11.1.3 砌体结构的发展趋势	191
11.2 砌体材料及力学性能	191
11.2.1 块材	191
11.2.2 砂浆	193
11.2.3 块材和砂浆的选用	194
11.2.4 砌体的受压性能	194
11.2.5 砌体的抗拉、抗弯及抗剪强度	199
11.2.6 砌体的弹性模量	200
11.3 混合结构房屋墙、柱设计	201
11.3.1 混合结构房屋的结构布置	201

11.3.2	砌体结构的静力计算原理	204
11.3.3	砌体房屋结构的主要构造要求	206
11.3.4	防止或减轻墙体开裂的主要措施	207
11.4	无筋砌体构件承载力计算	208
11.4.1	受压承载力计算	208
11.4.2	砌体局部受压承载力计算	215
11.4.3	受弯构件承载力计算	216
11.5	过梁、圈梁	216
11.5.1	过梁	216
11.5.2	圈梁	218
	练习题	219
第12章	单层厂房排架结构	221
12.1	单层工业厂房的结构组成与受力特点	221
12.1.1	排架结构的组成	221
12.1.2	排架结构的受力特点	223
12.2	单层工业厂房的结构布置	223
12.2.1	柱网布置	223
12.2.2	变形缝设置	223
12.2.3	支撑体系的布置	225
12.2.4	抗风柱	226
12.2.5	维护结构构件的布置	227
12.3	单层工业厂房的主要承重构件	228
12.3.1	屋面板	228
12.3.2	屋架或屋面梁	229
12.3.3	吊车梁	230
12.3.4	排架柱	230
12.3.5	基础	230
12.4	结构施工图	231
	练习题	232
第13章	建筑钢材	234
13.1	钢材的主要机械性能	234
13.1.1	钢材在单向一次拉伸下的工作性能	234
13.1.2	钢材的冷弯性能	235
13.1.3	钢材的冲击韧性	236
13.1.4	钢材的焊接性能	236
13.1.5	钢材的耐久性	237
13.2	钢材的两种破坏形式	237
13.2.1	塑性破坏	237
13.2.2	脆性破坏	237

13.2.3 钢材破坏的原因	237
13.3 影响钢材性能的主要因素	238
13.3.1 化学成分的影响	238
13.3.2 成材过程的影响	239
13.3.3 温度的影响	240
13.3.4 应力集中的影响	241
13.3.5 时效和冷加工的影响	242
13.4 建筑钢材的种类、规格及选择	243
13.4.1 建筑用钢的种类	243
13.4.2 钢材的规格	247
13.4.3 钢材的选择	248
练习题	249
第14章 钢结构的连接	251
14.1 钢结构连接的种类及特点	251
14.1.1 焊缝连接	251
14.1.2 铆钉连接	252
14.1.3 螺栓连接	252
14.2 焊缝连接	254
14.2.1 钢结构常用的焊接方法	254
14.2.2 焊接连接形式及焊缝形式	256
14.2.3 焊缝缺陷及焊缝质量检验	257
14.3 对接焊缝连接	258
14.3.1 对接焊缝的构造	258
14.3.2 对接焊缝的计算	259
14.4 角焊缝连接	262
14.4.1 角焊缝的构造	262
14.4.2 角焊缝的计算	265
14.5 普通螺栓连接	277
14.5.1 螺栓的构造	277
14.5.2 抗剪普通螺栓连接的计算	279
14.5.3 抗拉普通螺栓连接的计算	285
14.6 高强度螺栓连接	289
14.6.1 高强度螺栓连接的构造	289
14.6.2 高强度螺栓连接的计算	291
14.6.3 高强度螺栓群连接的计算	293
练习题	296
第15章 门式刚架轻型钢结构简介	298
15.1 轻型门式刚架钢结构的组成和布置	298
15.1.1 轻型门式刚架钢结构的组成	299

15.1.2 轻型门式刚架钢结构的布置	299
15.2 门式刚架的计算简图	301
15.3 门式刚架的荷载计算	301
15.3.1 永久荷载	301
15.3.2 可变荷载	302
15.3.3 地震作用	303
15.4 门式刚架的内力计算及荷载组合	304
15.4.1 控制截面及最不利内力组合	304
15.4.2 荷载及其组合	304
15.5 门式刚架的变形计算和限值规定	305
15.5.1 门式刚架的变形计算	305
15.5.2 门式刚架变形限值	307
15.6 连接和节点设计	309
15.6.1 焊缝连接	309
15.6.2 节点设计	310
练习题	313

下篇 道路与桥梁工程结构

第16章 路基路面工程	317
16.1 路基工程概述	317
16.1.1 路基的特点和要求	317
16.1.2 路基的变形和破坏	318
16.1.3 路基干湿类型和填土高度	319
16.2 一般路基设计	320
16.2.1 路基横断面	320
16.2.2 路基的基本构造	321
16.2.3 路基工程附属设施	323
16.3 路基边坡稳定性分析	325
16.3.1 边坡稳定参数	325
16.3.2 边坡稳定性验算	325
16.4 路基防护与支挡结构	329
16.4.1 路基的防护	329
16.4.2 挡土墙的种类与构造	330
16.5 路基排水	332
16.5.1 地面排水设施	332
16.5.2 地下排水设施	333
16.5.3 路基排水系统	334
16.6 路面工程概述	334
16.6.1 路面工程发展趋势	334

16.6.2 对路面的基本要求	335
16.6.3 路面构造	336
16.7 沥青路面设计	338
16.7.1 沥青路面设计理论	338
16.7.2 公路沥青路面结构组合设计	340
16.7.3 沥青路面结构层厚度设计	341
16.8 水泥混凝土路面设计	343
16.8.1 水泥混凝土路面概述	343
16.8.2 水泥混凝土路面结构组合设计	345
16.8.3 普通水泥混凝土路面设计	347
练习题	350
第17章 桥梁工程简介	351
17.1 桥梁的基本组成与分类	351
17.1.1 桥梁的基本组成	351
17.1.2 桥梁的分类	353
17.2 桥梁的支座	362
17.2.1 常用支座的类型和构造	363
17.2.2 支座的布置	366
17.3 桥梁墩台与基础	367
17.3.1 桥梁墩台与基础概述	367
17.3.2 桥墩	368
17.3.3 桥台	371
17.3.4 基础	375
练习题	381
附录	382
主要参考文献	396

上篇 建筑工程结构

第1章 建筑工程结构概述

本章提示:

本章介绍了建筑结构的分类,常见建筑结构体系及其应用,工程结构课程的任务、特点及学习方法。通过教学,要求学生掌握建筑结构的分类,熟悉混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构的一般概念及特点,熟悉钢筋与混凝土共同工作的原理;了解常见建筑结构体系及其发展简况;了解工程结构课程的任务和特点,掌握工程结构课程的学习方法及学习要求。

1.1 建筑结构的概念和分类

1.1.1 建筑结构的概念

建筑结构是指在房屋建筑中,由构件(屋架、梁、柱、基础等)组成的能承受“作用”的体系。它在房屋建筑中起骨架作用。建筑结构中的“建筑”含义为建筑物;建筑结构中的“结构”含义为建筑物上承担重力或外力部分的构造。

国际上土木工程包含的内容非常广泛。凡从事与建筑工程、交通土建工程、水利水电工程、港口工程、海岸工程和给水排水工程等相关的建设,都属于土木工程包含的范畴。如房屋建筑、地下建筑(含矿井建筑)、道路、隧道、桥梁、港口、水电站及近海结构与设施、给水排水和地基处理等。土木工程中有许多人工构造物,如房屋、道路、桥梁、涵洞、隧道、挡土墙、电视塔等。一般将这些构造物中的承重骨架称为工程结构,其中用做房屋的承重骨架称为建筑结构。

1.1.2 建筑结构的分类

1. 按所用材料划分

建筑结构按所用材料的不同可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构。

(1)混凝土结构。混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构及预应力钢筋混凝土结构。

钢筋混凝土是由19世纪一位叫约泽夫·莫尼哀(1823—1906)的法国园艺师发明的。在1865年,他种植的花卉争奇斗艳,远近闻名来参观的人络绎不绝。苗圃的护栏是用水泥浇筑的,水泥护栏强度不高,参观的人往往把护栏踩塌,虽经常修补也无济于事,对此十分苦

恼。有一天,他手捧一盆花,不小心绊了一下,花盆跌落在地,花盆碎了,而盆里松软的泥土却没有散开。这大大引起了他的好奇心,他翻开泥土发现花的根系纵横交错把泥土紧紧箍住,这引发他的灵感,想如果花坛护栏加上钢筋然后再用水泥浇筑也一定会跟花盆里的泥土一样牢固,于是他找来钢筋扎成骨架,然后再浇上水泥,凝固以后的护栏变得坚固耐用。1875年,他主持建造了16m长的世界上第一座钢筋混凝土大桥,钢筋混凝土结构也由此得以广泛应用。

钢筋混凝土结构是由钢筋和混凝土两种力学性能不同的材料组成。混凝土的抗压强度较高,抗拉强度却很低;钢筋的抗压和抗拉强度都很高。因此将两种材料合理地组合在一起,让混凝土主要承受压力,钢筋主要承受拉力,这样两种材料各自发挥其优势,使其具有良好的工作性能。

钢筋和混凝土能够结合在一起有效地共同工作,主要原因是:①混凝土硬化后,钢筋与混凝土的接触面能牢固地黏合在一起,相互间不致滑动而失去整体工作性能;②钢筋和混凝土两种材料的线膨胀系数非常接近,当温度变化时,不致因各自伸缩不同,使其黏结破坏各自分离;③钢筋埋入混凝土中,钢筋周围有混凝土形成的保护层,能防止钢筋锈蚀,使钢筋和混凝土能够长期可靠地共同工作。

钢筋混凝土结构具有下列优点:

①强度高。钢筋混凝土的强度很高,适用于建筑各种类型的承重结构,近代许多高层建筑大多采用钢筋混凝土建成。

②耐久性。因为钢筋包裹在混凝土内受混凝土保护不易锈蚀,而且混凝土的强度还随龄期的增长有所增加。因此,钢筋混凝土结构耐久性很好,几乎不必维修。

③耐火性。混凝土导热性不良,火灾时,钢筋因有混凝土包裹而不致很快升温到失去承载力的程度,因此它比钢结构、木结构的耐火性好。

④抗震性能好。钢筋混凝土结构尤其是现浇的钢筋混凝土结构,其整体性能很好,并具有一定的延性,有利于抗震。

⑤可模性好。混凝土可根据需要浇筑成各种形状和尺寸的结构构件和结构。

⑥可就地取材。钢筋混凝土除钢筋和水泥外,所需大量砂石材料可就地取材,便于组织运输,为降低工程造价提供了条件。

钢筋混凝土除具有以上优点外,也还存在着一些缺点。如自重大,抗裂性差,现浇施工时耗费模板多,施工周期长等。随着科学技术和生产力的发展,钢筋混凝土的这些缺点正逐步得到克服。如采用轻骨料混凝土,以减轻混凝土的自重;采用预应力混凝土可以提高构件的抗裂性,可以节约钢材约25%,节约混凝土约1/3,还可以减轻结构自重;采用预制钢筋混凝土构件克服模板耗费多和工期长等缺点。

随着高强度混凝土材料和各种低合金高强度钢筋和钢丝的出现,以及结构设计理论水平的提高,钢筋混凝土结构的应用跨度和高度都在不断增加,钢筋混凝土结构已成为应用最为广泛的结构。

(2)砌体结构。砌体结构是指由块材(如普通黏土砖、砌块砌体、石材等)和砂浆组砌而成的结构。

砌体结构具有就地取材、造价低廉、耐火性能好、施工方便等优点。砌体结构除具有以上优点外,还存在着自重大、强度低、抗震性能差等缺点。