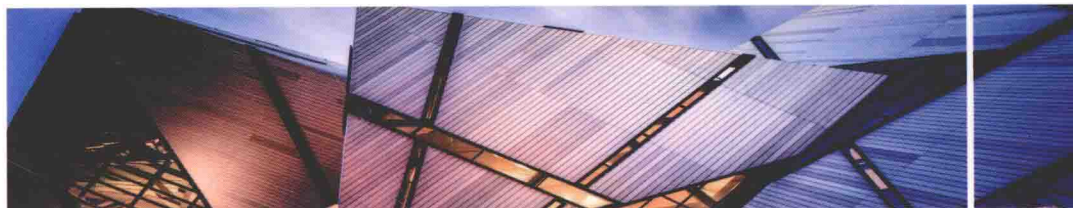


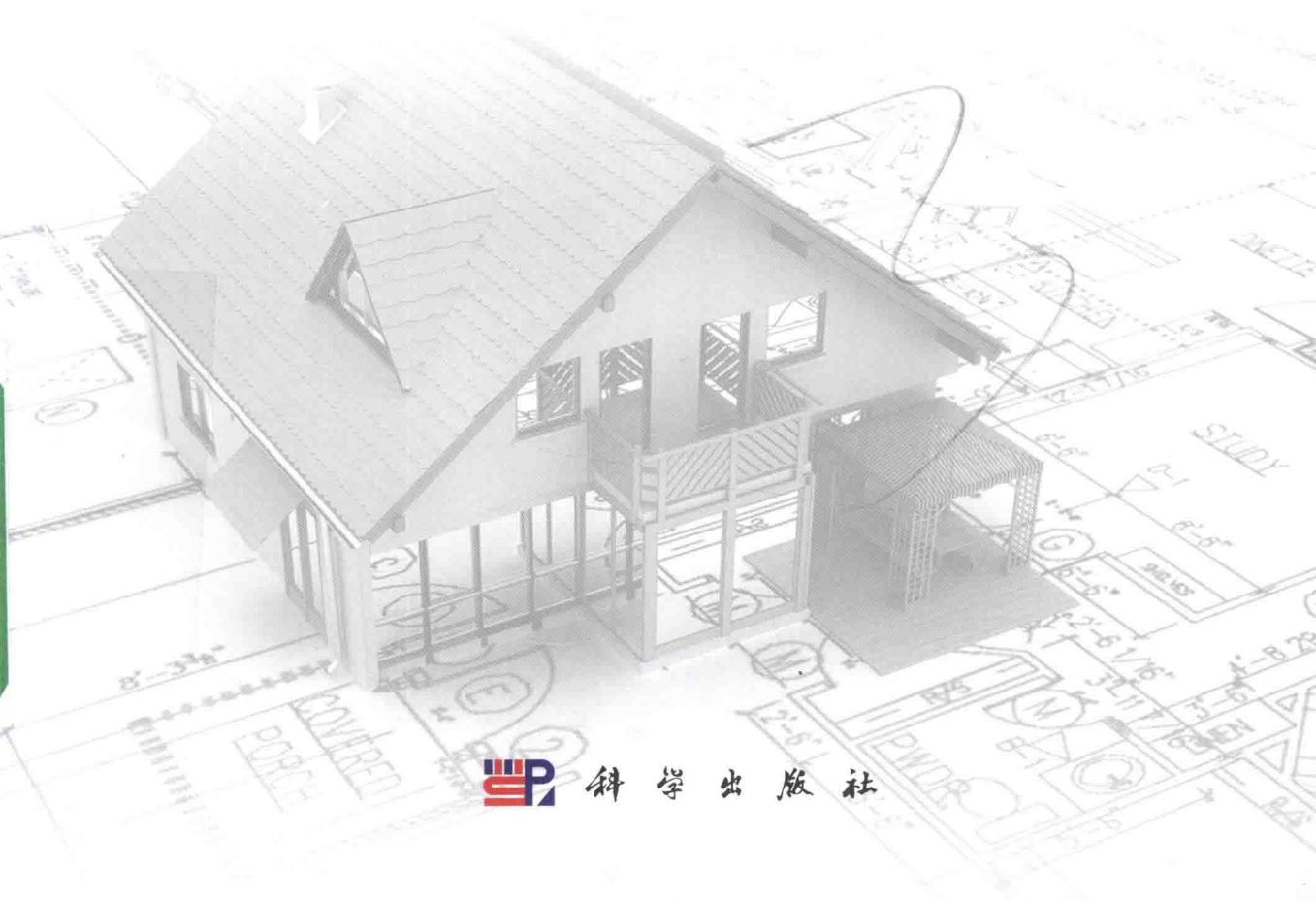


高等职业教育“十三五”规划教材
土建大类系列规划教材

工程力学与建筑结构 (第三版)



杜绍堂 赵萍 主编



科学出版社

高等职业教育“十三五”规划教材

土建大类系列规划教材

工程力学与建筑结构

(第三版)

杜绍堂 赵 萍 主 编

毛海涛 周志全 欧雅玲 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据最新建筑结构相关规范编写,体现了“实用为主、够用为度”的原则,着重突出工程能力、创新能力、应变能力和职业道德的培养。

本书的主要内容为绪论、建筑结构的力系平衡条件、结构构件的承载力计算、结构的受力分析、建筑结构概述、钢筋混凝土结构、梁板结构与多高层建筑结构、砌体结构、钢结构、建筑地基与基础、建筑结构抗震基本知识、建筑结构施工图识读。

本书适用于高职高专土建大类相关专业,也可供建筑设计技术、室内设计技术、建筑工程管理、建筑工程造价、建筑经济管理、房地产经营与估价、物业管理及相关专业工程人员参考。同时也适用土木工程类应用型本科专业。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学与建筑结构 / 杜绍堂, 赵萍主编. —3 版. —北京: 科学出版社, 2016

(高等职业教育“十三五”规划教材·土建大类系列规划教材)

ISBN 7-978-03-047007-2

I. ①工… II. ①杜… ②赵… III. ①工程力学—高等职业教育—教材 ②建筑结构—高等职业教育—教材 IV. ①TB12 ②TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 009949 号

责任编辑: 李 欣/责任校对: 刘玉靖

责任印制: 吕春珉/封面设计: 曹 来

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 9 月第 一 版 2016 年 1 月第七次印刷

2011 年 6 月修 订 版 开本: 787×1092 1/16

2016 年 1 月第 三 版 印张: 20 3/4

字数: 467 000

定价: 43.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈新科〉)

销售部门电话 010-62136131 编辑部电话 010-62132124 (VA03)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

第三版前言

本书根据土建类专业对“工程力学与建筑结构”课程改革的要求和最新建筑结构相关规范编写。本书自出版发行以来,受到读者广泛好评,现根据国家最新修订的房屋建筑制图统一标准(GB/T 5001—2010)、建筑结构制图标准(GB/T 50105—2010)、混凝土结构设计规范(GB/T 50010—2010)、砌体结构设计规范(GB/T 50003—2011)、建筑抗震设计规范(GB/T 50011—2010)、建筑地基基础设计规范(GB/T 50007—2011)等新规范进行修订,力求做到概念清晰,突出新规范、新知识,讲清基本概念、基本公式的应用,做到易教易学。

新修订的《工程力学与建筑结构》适用于高职高专土建类相关专业,同时也可供建筑设计技术、室内设计技术、建筑工程管理、建筑经济管理、房地产经营与估价、物业管理等专业选用。

本书由杜绍堂、赵萍任主编,毛海涛、周志全、欧雅玲任副主编,具体编写分工是:昆明冶金高等专科学校杜绍堂编写第1章、第9章,北京农业职业学院欧雅玲编写第2章,太原大学田海风编写第3章,天津城建学院焦卫编写第4章,石家庄职业技术学院赵萍编写第5章、第7章,山西工程职业技术学院金萃编写第6章,昆明冶金高等专科学校毛海涛编写第8章,首钢工学院周志全编写第10章,朱绪平编写第11章,郑晓明编写第12章。全书由杜绍堂完成最新修订工作。

限于编者水平,书中仍难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

修订版前言

2010 年以来, 国家相继对房屋建筑制图统一标准、建筑结构制图标准、混凝土结构设计规范、砌体结构设计规范、钢结构设计规范、建筑抗震设计规范、建筑地基基础设计规范等进行了修订, 出版了一批新的规范。为保证学生在学习中能学到规范的新知识、新技术, 掌握国家的新要求, 我们根据房屋建筑制图统一标准、建筑结构制图标准、混凝土结构设计规范、砌体结构设计规范、钢结构设计规范、建筑抗震设计规范等新规范的要求对本书进行了修订, 力求做到概念清晰, 突出新规范、新知识, 突出基本概念、基本公式的应用, 做到易教易学。

限于编者水平有限, 对书中不足之处恳请读者批评指正。

第一版前言

“工程力学与建筑结构”是建筑装饰技术等建筑类专业的专业基础课，这些专业对工程力学、建筑结构的知识要求相对较浅。为保证这些专业对“工程力学与建筑结构”所需知识的掌握，我们在吸收相关院校课程教学改革成果的基础上编写了本书。本书具有如下特点：一是教学内容做到了以理论够用为度，突出了技能培养；二是在结构上考虑了“工程力学与建筑结构”在各知识点上的系统性和相对独立性，做到了有机统一；三是按照最新建筑结构的相关规范进行编写，突出基本概念、基本公式的应用，结合工程实例，取材恰当，易教易学。每一教学内容均附有典型例题，章前有学习目标和要求，章后有小结、习题。

本书编写分工是：昆明冶金高等专科学校杜绍堂编写第1章、第9章，北京农业职业学院欧雅玲编写第2章，太原大学田海风编写第3章，天津城建学院焦卫编写第4章，石家庄职业技术学院赵萍编写第5章、第7章，山西工程职业技术学院金萃编写第6章，昆明冶金高等专科学校毛海涛编写第8章，首钢工学院周志全、朱绪平、郑晓明分别编写第10章、第11章和第12章。全书由杜绍堂统稿。

限于编者水平有限，对书中不足之处恳请读者批评指正。

目 录

第三版前言

修订版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑结构的的基本概念	1
1.2 工程力学与建筑结构的关系	1
1.3 本课程的任务和学习目标	2
第 2 章 建筑结构的力系平衡条件	4
2.1 结构构件受力分析的基本概念	4
2.1.1 力的概念	4
2.1.2 力的作用效应	4
2.1.3 力的合成与分解	4
2.1.4 平衡与二力平衡规则	5
2.1.5 作用在结构上的荷载	5
2.1.6 约束与约束反力	6
2.1.7 物体的受力分析与受力图	9
2.2 平面汇交力系	11
2.2.1 平面汇交力系的基本概念	11
2.2.2 力在坐标轴上的投影	11
2.2.3 平面汇交力系的合成	12
2.2.4 平面汇交力系的平衡条件	14
2.3 力矩与平面力偶系	15
2.3.1 力矩的概念	15
2.3.2 合力矩定理	16
2.3.3 力偶的概念	17
2.3.4 力偶的合成	18

2.3.5 力偶系的平衡条件	18
2.4 平面一般力系	19
2.4.1 平面一般力系的基本概念	19
2.4.2 力的平移定理	19
2.4.3 平面一般力系向平面内一点的简化	19
2.4.4 平面一般力系平衡条件	21
小结	23
习题	25
第3章 结构构件的承载力计算	28
3.1 承载能力的概念及构件的变形形式	28
3.1.1 承载能力的概念	28
3.1.2 杆件及其变形的的基本形式	28
3.2 截面的几何性质	30
3.2.1 截面的静矩和形心	30
3.2.2 截面的惯性矩	31
3.2.3 平行移轴公式	32
3.2.4 组合截面的惯性矩	32
3.3 拉压变形时的承载力	33
3.3.1 轴向拉伸与压缩的概念和实例	33
3.3.2 内力的概念和截面法	34
3.3.3 轴向拉(压)杆的内力——轴力	35
3.3.4 轴向拉压杆横截面上的正应力	36
3.3.5 容许应力和拉伸与压缩时的强度条件	37
3.3.6 轴向拉伸与压缩时的变形和胡克定律	40
3.3.7 材料拉(压)时的力学性能	41
3.4 剪切变形时的承载能力	43
3.4.1 剪切和挤压变形的概念和实例	43
3.4.2 剪切和挤压的强度条件	45
3.5 弯曲变形时的承载力	47
3.5.1 弯曲的概念和梁的基本类型	47
3.5.2 梁的弯曲内力——剪力和弯矩	48
3.5.3 梁的内力图——剪力图和弯矩图	51
3.5.4 梁的正应力	53
3.5.5 弯曲正应力的强度条件	55
3.6 压杆稳定	60

3.6.1 工程中丧失稳定性的实例	60
3.6.2 压杆稳定的概念	60
3.6.3 欧拉公式	61
3.6.4 压杆稳定的实用计算	63
小结	65
习题	66
第4章 结构的受力分析	71
4.1 结构的计算简图及几何组成分析	71
4.1.1 结构的计算简图	71
4.1.2 几何组成分析的概念	73
4.1.3 几何不变体系的简单组成规则	74
4.1.4 静定结构与超静定结构	77
4.2 静定结构的内力计算	78
4.2.1 桁架的内力计算	78
4.2.2 刚架的内力计算	83
4.2.3 拱的内力计算	85
4.3 连续梁内力分析的基础知识	89
4.3.1 连续梁	89
4.3.2 力矩分配法	90
小结	99
习题	100
第5章 建筑结构概述	103
5.1 建筑结构的组成及分类	103
5.1.1 建筑结构的组成	103
5.1.2 建筑结构按材料分类	104
5.1.3 建筑结构按受力和构造特点分类	106
5.1.4 常用的空间结构形式	107
5.2 建筑结构的荷载	109
5.2.1 荷载的分类	109
5.2.2 荷载的代表值	110
5.2.3 荷载效应和荷载效应组合	111
5.3 建筑结构的计算方法	114
5.3.1 结构的功能要求	114
5.3.2 结构的极限状态	114
5.3.3 结构的抗力	115

5.3.4	材料强度的标准值和设计值	116
5.3.5	概率极限状态设计法	116
5.3.6	极限状态实用设计表达式	117
小结		118
习题		118
第6章	钢筋混凝土结构	120
6.1	钢筋混凝土的概念	120
6.1.1	混凝土结构的分类	120
6.1.2	钢筋混凝土的概念	120
6.2	钢筋混凝土材料	121
6.2.1	混凝土的强度	121
6.2.2	混凝土的变形	122
6.2.3	钢筋的种类	123
6.2.4	钢筋的力学性能与弹性模量	124
6.2.5	钢筋与混凝土之间的黏结	126
6.3	钢筋混凝土受弯构件	127
6.3.1	梁和板的构造要求	127
6.3.2	正截面破坏形式	129
6.3.3	正截面强度计算	131
6.3.4	斜截面破坏形式	134
6.3.5	斜截面抗剪强度的计算	136
6.3.6	受弯构件的挠度和裂缝的计算	140
6.4	钢筋混凝土受压构件	140
6.4.1	受压构件的分类	140
6.4.2	轴心受压构件的计算方法	141
6.4.3	偏心受压构件的计算方法	143
6.5	预应力混凝土构件的基本知识	148
6.5.1	预应力混凝土的基本概念	148
6.5.2	施加预应力的方法	149
6.5.3	预应力混凝土材料	150
6.5.4	预应力钢筋的张拉控制应力	151
6.5.5	预应力损失	151
小结		152
习题		153

第 7 章 梁板结构与多高层建筑结构	155
7.1 梁板结构的基本知识	155
7.1.1 梁板结构的分类及优缺点	155
7.1.2 现浇肋形楼盖	157
7.1.3 钢筋混凝土楼梯	159
7.2 多高层建筑结构的基本知识	160
7.2.1 常用的结构体系	160
7.2.2 框架结构	164
7.2.3 剪力墙结构	168
7.2.4 框架-剪力墙结构	171
小结	172
习题	173
第 8 章 砌体结构	174
8.1 砌体材料和砌体强度	174
8.1.1 砌体材料	174
8.1.2 砌体的种类	176
8.1.3 砌体的强度	178
8.1.4 影响砌体抗压强度的因素	183
8.2 砌体结构的受力和强度计算	184
8.2.1 房屋的静力计算方案	184
8.2.2 墙、柱的高厚比验算	186
8.2.3 受压构件的强度计算	192
小结	197
习题	197
第 9 章 钢结构	199
9.1 钢结构用钢材	199
9.1.1 钢材的力学性能	199
9.1.2 影响钢材性能的因素	202
9.1.3 钢材的设计指标	202
9.1.4 钢材的种类	202
9.1.5 钢材的规格	203
9.1.6 钢材的选用	205
9.2 钢结构的连接	206
9.2.1 焊缝连接	206

9.2.2 螺栓连接	215
9.3 钢结构的基本构件	218
9.3.1 受弯构件——钢梁	218
9.3.2 轴心受力构件	224
9.3.3 偏心受力构件的概念	228
小结	229
习题	230
第10章 建筑地基与基础	231
10.1 建筑地基	231
10.1.1 岩土的工程分类	231
10.1.2 地基处理方法	235
10.2 建筑基础	237
10.2.1 浅基础	238
10.2.2 桩基础	241
小结	244
习题	244
第11章 建筑结构抗震基本知识	245
11.1 地震基本知识	245
11.1.1 地震及其破坏作用	245
11.1.2 震级与烈度	247
11.1.3 建筑抗震设防	249
11.1.4 抗震概念设计的基本要求	251
11.2 多层及高层钢筋混凝土房屋	254
11.2.1 震害特点	254
11.2.2 抗震设计的一般规定	255
11.2.3 抗震构造措施	256
11.3 多层砌体房屋	263
11.3.1 多层砌体房屋的震害特点	263
11.3.2 抗震设计的一般规定	264
11.3.3 抗震构造措施	266
小结	271
习题	271
第12章 建筑结构施工图识读	272
12.1 概述	272

12.2 基础施工图	273
12.2.1 条形基础	273
12.2.2 独立基础	275
12.3 结构平面图	276
12.3.1 楼层结构平面图	277
12.3.2 屋顶结构平面图	279
12.4 梁、板配筋图	279
12.4.1 钢筋混凝土梁	279
12.4.2 钢筋混凝土板的配筋图	282
12.5 楼梯施工图	283
12.5.1 楼梯结构平面图	283
12.5.2 楼梯结构剖视图	283
12.5.3 楼梯配筋图	286
12.6 钢屋架施工图	286
12.6.1 型钢及其连接的标注方法	286
12.6.2 钢屋架的尺寸标注	288
12.6.3 钢屋架结构详图	289
12.7 建筑结构平面标注法	291
小结	292
习题	293
附录 1 永久荷载和可变荷载取值	294
附录 2 钢筋的计算截面面积及理论重量	297
附录 3 受弯构件的裂缝和挠度限值	299
附录 4 受压砌体承载力影响系数 φ	300
附录 5 钢材的强度取值	302
附录 6 型钢规格表	303
附录 7 受弯构件的挠度容许值	314
附录 8 构件的容许长细比	315
主要参考文献	316

第1章 绪 论

1.1 建筑结构的基本概念

建筑物中承受和传递作用的部分称为建筑结构，它是建筑物的骨架；组成这个骨架的各部分构件称为建筑结构构件，如房屋建筑中的楼（屋）面板、梁、屋架、墙或柱、基础等就是建筑结构构件；由这些构件组成的房屋结构就是建筑结构，它是房屋的承重体系，可分为水平承重部分（梁板）、竖向承重部分（墙或柱）和基础三部分。

建筑结构的作用是指使结构产生效应（内力、变形）的各种原因的总称。作用分为直接作用和间接作用。直接作用习惯上称为荷载，指施加在结构上的集中或分布荷载，如结构自重、楼屋面活荷载、雪荷载、风荷载等。间接作用指引起结构外加变形或约束变形的原因，如地基变形、混凝土收缩、温度变化、地震作用等。

建筑结构可以用不同的材料建造。以混凝土为主要材料建造的结构称为混凝土结构，有素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构三种。素混凝土结构是由混凝土单一材料组成的结构，其抗压强度高，但抗拉强度较低，工程中较少采用。钢筋混凝土结构是由钢筋和混凝土两种材料组成的结构，在受力中充分发挥钢筋抗拉（压）强度高和混凝土抗压强度高的特点，使两者协同工作、共同变形，大大提高结构的承载能力。预应力混凝土结构是指钢筋混凝土结构受力以前，预先在构件的受拉（或压）区施加预应力，可改善构件的抗裂性能和变形性能并充分利用高强度钢筋。由砂浆和块体材料建造的结构称为砌体结构，块体材料有砖、石、砌块三种，故砌体结构又分为砖结构、石结构和砌块结构。如果建筑结构的竖向承重部分用砌体结构建造，水平承重部分用钢筋混凝土结构建造，则称为混合结构。由钢材建造的结构称为钢结构，它的承载能力较高。由木材建造的结构称为木结构，由于其强度低、耐久性差，易腐蚀、需耗费大量森林资源等缺点，目前已极少采用。

建筑结构设计包括结构设计和构造设计两个内容，设计的思路就是选择经济适用的结构方案，进行荷载计算、力学计算、结构计算、构造设计和绘制结构施工图。设计的依据是我国现行的建筑结构设计标准和规范，这些标准和规范也是学习建筑结构的重要依据。

1.2 工程力学与建筑结构的關系

工程力学的内容是理论力学、材料力学和结构力学。建筑结构的内容是钢筋混凝

土结构、砌体结构、钢结构、地基基础、建筑抗震。本书针对建筑装饰设计、工程造价、工程管理、房地产等非建筑结构类专业的特点,从掌握建筑结构设计的概念性知识出发,将内容整合为“工程力学与建筑结构”。

工程力学与建筑结构的关系:工程力学是建筑设计的基础。如前所述,建筑物中承受和传递作用的部分称为建筑结构,建筑物是指房屋、厂房、烟囱、塔架、水坝、桥梁、隧道、公路等。如一幢房屋在使用过程中,将承受直接作用(荷载)和间接作用(变形),其受力和承载关系是:屋面板支撑在屋架上,承受本身的自重及屋面活载(风荷载、雪荷载的重量)并把它传给屋架;楼板支撑在梁上,承受本身的自重和楼面活载(人群和家具的重量)并把它传给梁;屋架、梁支撑于墙、柱,承受本身自重和屋面板、楼板传来的荷载并把它传给墙、柱;墙、柱承受本身自重及屋架、梁传来的荷载并把它传给下一层墙、柱,然后传给基础,基础最后将这些力传给地基(即土层)。

设计一幢房屋,须对楼(屋)面板、梁(屋架)、墙(柱)、基础等各结构构件做荷载计算、受力分析并计算出各个构件的内力大小,这是工程力学要解决的问题;然后根据内力的大小确定构件采用的材料、截面尺寸和形状,这是结构设计要解决的问题。例如:钢筋混凝土梁的设计,计算梁自重和板传来的荷载,确定计算简图、计算内力(弯矩 M 、剪力 V),这是工程力学要解决的问题;根据内力(弯矩 M 、剪力 V)大小选择梁的截面形式和尺寸、混凝土和钢筋等级,进行抗弯强度和抗剪强度计算,确定钢筋的数量,绘制配筋图,这是建筑结构要解决的问题。不做结构的受力分析和结构设计,将使结构不能承担荷载(力)的作用而造成房屋的倒塌或结构材料、尺寸选择过好、过大而浪费。

1.3 本课程的任务和学习目标

本课程的任务是研究工程力学与建筑结构的基本概念、基本知识,也就是研究结构或构件在荷载作用下平衡的一般规律,讨论物体处于平衡状态时力与力之间的关系,即物体受力后保持平衡状态的条件;研究结构构件的承载能力(强度、刚度、稳定性)计算的基本知识;研究简单静定结构的内力分析计算的基本方法;研究建筑结构(钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构、地基基础、建筑抗震)的基本知识和构造要求,能正确识读结构施工图。

工程力学是学习建筑结构的基础。通过工程力学的学习,学会进行结构的受力分析,学会结构构件在荷载作用下如何计算构件内力,并通过材料力学性能的学习,进一步解决简单、常用基本构件的强度、刚度和稳定的计算。

建筑结构的學習,要求讀者能應用力學的基本知識,對常見的建築結構具有初步的結構分析能力,理解結構計算的基本原則,掌握一般建築結構的簡單設計計算,理解建築結構的一般構造知識。

学习本课程的要求如下。

1. 注意力学与结构的关系

力学是结构设计的基础,只有通过力学的分析才能得出内力,内力是结构设计的依据。但建筑结构中的钢筋混凝土结构、砌体结构的材料不是单一均质、弹性材料,因此力学中的强度、刚度、稳定性公式不能直接应用,需考虑在结构试验和工程经验的基础上建立,学习中要注意理解和掌握。

2. 注意理论联系实际

本课程的理论来源于实践,是前人大量工程实践的经验总结。因此,学习中一方面要通过课堂学习和各个实践环节结合身边的建筑物实例进行学习;另一方面要有计划、有针对性地去施工现场参观学习,增加感性知识、积累工程实践经验。

3. 注意建筑结构设计答案的不唯一性

建筑结构设计不同于数学和力学问题只有一个答案,建筑结构即使是同一构件在同一荷载作用下,其结构方案、截面形式、截面尺寸、配筋方式和数量等都有多种答案,需要综合考虑结构安全可靠、经济适用、施工条件等多方面因素,确定一个合理的答案。

4. 注意学习相关规范

建筑结构设计的依据是国家颁布的规范和标准,从事工程设计和施工的相关人员必须严格遵照执行。教材从某种意义上来说是对规范的解释和说明,因此同学们要结合课程内容需要自觉学习相关的规范,达到熟悉和正确应用的要求。我国现行的建筑结构设计标准和规范有《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)等。

第2章 建筑结构的力系平衡条件

【学习目标及要求】

1. 理解力和力偶以及刚体和平衡的概念，掌握约束的基本类型。
2. 能对物体进行正确的受力分析，能利用平面一般力系简化和平衡的理论解决工程实际中的力学问题。

2.1 结构构件受力分析的基本概念

2.1.1 力的概念

人们在长期生活和实践中，建立了力的概念：力是物体间的相互机械作用。这种作用使物体运动状态发生改变，并使物体变形。例如，力作用在车上可以使车由静到动，或使车的运动速度变快，与此同时人也感到车对人有力的作用；力作用在钢筋上可以使直的钢筋弯曲或使弯曲的钢筋变直，同时钢筋有力作用在施力物体上。

2.1.2 力的作用效应

力使物体的机械运动状态发生变化，称为力的外效应——运动效应。例如，重力作用下物体加速下落；行驶的汽车刹车时，靠摩擦力慢慢停下来；房屋在重力和风力的作用下相对地球保持静止，即平衡状态。

力使物体的几何尺寸和形状发生变化，称为力的内效应——变形效应。例如，弹簧受拉后伸长；混凝土试块在压力机的压力下被压碎等都属于力的变形效应。在外力作用下几何尺寸和形状都不发生变化的物体称为刚体。

力对物体的作用效果取决于力的三要素：大小、方向和作用点。力的大小表示物体间相互作用的强弱；力的方向包括力的作用线方位和指向，反映了物体间相互作用的方向性；力的作用点表示物体相互作用的位置。

2.1.3 力的合成与分解

作用在同一物体上的一群力称为力系。若作用于刚体上的力系，可以用一个力 F_R 代替而不改变原力系对刚体的作用效果，则这个力 F_R 称为原力系的合力，原力系的各力就是合力 F_R 的分力。工程力学计算中，有时需要把几个力合成一个力，叫做力的合