



JIANZHU LIXUE YU JIEGOU

建筑力学与结构

主编 赖伶 佟颖

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建筑力学与结构

主 编 赖 伶 佟 颖

副主编 赵丽颖 史文学 徐鑫哲

参 编 张振雷 赵 欢



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书根据高等院校人才培养目标和高校课程改革要求进行编写。全书内容分为3篇,共13章,主要内容包括建筑力学概述、构件的外力分析、构件的内力分析、建筑结构概论、建筑结构材料、钢筋混凝土结构基本构件、钢筋混凝土基本结构单元、预应力混凝土基本知识、多层及高层钢筋混凝土房屋、砌体结构构件和基本结构单元、钢结构连接、钢结构构件、建筑结构抗震设计基本知识等,每章后面都附有复习思考题及练习题。

本书可作为高等院校土木工程类相关专业的教材,也可作为函授、自学、岗位培训教材及现场施工人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学与结构 / 赖伶, 佟颖主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017.2

ISBN 978-7-5682-3652-2

I. ①建… II. ①赖… ②佟… III. ①建筑科学—力学 ②建筑结构 IV. ①TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第021844号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775(总编室)

(010) 82562903(教材售后服务热线)

(010) 68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 22.5

字 数 / 604千字

版 次 / 2017年2月第1版 2017年2月第1次印刷

定 价 / 57.00元

责任编辑 / 李玉昌

文案编辑 / 瞿义勇

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

编委会名单

主任委员：孙玉红

副主任委员：张颂娟 梁艳波 刘昌斌 刘 鑫 赖 伶
丁春静 王丹菲 谷云香 王雪梅 夏 怡
覃 斌 解宝柱 苏德利 郑敏丽 温秀红
聂立武 孙 阳 万 静

秘 书 长：阎少华

副 秘 书 长：瞿义勇 聂立武 黄富勇

秘 长：石书羽

编写说明

高等教育教材建设工作对“提高人才培养质量”有着至关重要的作用。

为全面推进高等教育教材建设工作，将教学改革的成果和教学实践的积累体现到教材建设和教学资源统合的实际工作中去，以满足不断深化的教学改革的需要，更好地为学校教学改革、人才培养与课程建设服务，北京理工大学出版社搭建了平台，组织辽宁石油化大学等18所院校共同参与编写了本系列教材。该系列教材由参与院校院系领导、专业带头人等组建的编委会组织主导，经北京理工大学出版社及18所院校土建类专业学科各位专家近两年的精心组织，以创新、合作、融合、共赢、整合跨院校优质资源的工作方式，结合各院校对土建类专业学科和课程教学理念、学科建设和体系搭建等研究建设成果，以及当前工程建设的形势和发展编写而成。

本系列教材力求结构严谨、逻辑清晰、叙述详细、通俗易懂。全书有较多的例题，便于实践教学和自学，同时注意尽量多给出一些应用实例，可供各高等院校土建类专业师生学习和使用，也可供广大工程技术人员参考。

辽宁省18所院校土建学科建设及教材编写专委会和编委会

前言

本书根据高等院校人才培养目标所要求的知识和能力要求,并结合教学改革的实践经验,依据我国现行的最新结构设计规范和标准编写而成。其内容涉及的国家现行规范和标准包括:《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2010)、《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)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)等。

本书的编写力求体现高等教育的特点,从培养技术技能型人才的总目标出发,对基本理论的讲授以应用为目的,教学内容以必需、够用为度,注重职业能力的培养。为此本书将能力目标定位为:基本构件的设计与复核能力;施工中一般结构问题的认知和处理能力;结构施工图的识读能力。按照能力目标对建筑力学部分内容进行了精选,重新组合教学内容,以达到精简实用的目的;对建筑结构内容进行提炼,加入结构平法识图及相关构造要求的讲解,注重建筑结构施工图的识读培养,并将新规范融入教学内容中。每章后均附有思考题或练习题,注重基本知识和基本技能的训练。

本书由赖伶、佟颖担任主编,赵丽颖、史文学、徐鑫哲担任副主编,张振雷、赵欢参与了本书的编写工作。具体编写分工如下:赖伶编写第一章,佟颖编写第二章,赵丽颖编写第十一章、第十二章,史文学编写第八章、第九章、第十章,徐鑫哲编写第四章、第五章、第六章、第七章,赵欢编写第十三章,张振雷编写第三章。

限于编者的水平和经验,书中难免有不妥之处,恳请广大读者和同行专家批评指正。

编者

目 录

第一篇 建筑力学

第一章 建筑力学概述..... 1

- 一、建筑力学的概念 1
- 二、建筑力学的研究对象 2
- 三、建筑力学的研究内容 3
- 四、变形固体及其基本假设 4
- 五、荷载的类型 5
- 六、杆件变形的基本形式 5

本章小结..... 8

复习思考题..... 8

第二章 构件的外力分析——力系的 简化与平衡..... 9

第一节 静力学基础..... 10

- 一、静力学公理 10
- 二、力、力矩、力偶 11
- 三、约束和约束反力 17
- 四、受力分析与受力图 19

第二节 力系的简化..... 20

- 一、力系的分类以及力的平移定理 20
- 二、力系的简化 21
- 三、重心 25

第三节 力系的平衡..... 29

- 一、平面汇交力系的平衡 29
- 二、平面任意力系的平衡 30

三、空间力系的平衡 36

四、考虑摩擦的平衡问题 38

本章小结..... 40

复习思考题..... 41

思考与练习..... 43

第三章 构件的内力分析——强度、 刚度、稳定性..... 51

第一节 构件的内力及内力图..... 51

- 一、内力的概述 51
- 二、轴力图、扭矩图 56
- 三、剪力图和弯矩图 58

本节小结..... 63

复习思考题..... 64

思考与练习..... 64

第二节 构件的应力和变形..... 66

- 一、轴向拉压杆横截面上的应力和变形 66
- 二、扭转轴横截面上的应力和变形 70
- 三、平面弯曲梁横截面上的应力 75
- 四、梁弯曲时的变形 83
- 五、复杂应力状态 86

本节小结..... 89

复习思考题..... 91

思考与练习..... 91

第三节 构件的承载能力..... 94

- 一、材料在拉压时的力学性能 94
- 二、许用应力与安全系数 99
- 三、压杆稳定的临界力、临界应力 100

四、提高构件承载能力的措施	102
五、构件的静不定问题	104
本节小结	107
复习思考题	107
思考与练习	108
第四节 构件的强度、刚度、稳定性	109
一、拉压杆件的强度、稳定条件及计算	109
二、剪切、挤压构件的实用计算	112
三、圆轴扭转强度条件和刚度条件及其 应用	115
四、梁弯曲强度条件、刚度条件及应用	116
五、复杂应力状态的强度条件及应用	119
六、组合变形的强度计算	121
本节小结	127
复习思考题	127
思考与练习	128

第二篇 建筑结构

第四章 建筑结构概论	134
第一节 建筑结构的组成和分类	134
一、建筑结构的组成	134
二、建筑结构的分类	135
第二节 建筑结构的发展及应用	137
一、建筑结构的发展概况	137
二、建筑结构的发展趋势	138
第三节 建筑结构的基本设计原则	138
一、结构设计的基本要求	138
二、结构上的作用与作用效应	139
三、概率极限状态设计法	140
本章小结	142
复习思考题	142
思考与练习	142
第五章 建筑结构材料	143
第一节 钢筋混凝土结构材料	143

一、混凝土	143
二、钢筋	147
三、钢筋与混凝土之间的粘结作用	148
第二节 砌体结构材料	149
一、砌体材料	149
二、砌体的种类	151
三、砌体的受压性能	153
四、砌体的抗拉、抗弯与抗剪性能	155
第三节 建筑钢材	156
一、建筑钢材的品种和规格	157
二、建筑钢材的选用和力学性能	158
本章小结	160
复习思考题	160
思考与练习	161

第六章 钢筋混凝土结构基本构件 162

第一节 钢筋混凝土受弯构件	162
一、工程实例和基本构造	162
二、正截面承载力计算	165
三、斜截面承载力计算	180
第二节 钢筋混凝土受压构件	185
一、工程实例和基本构造	185
二、轴心受压构件	186
三、偏心受压构件	189
第三节 钢筋混凝土受拉构件简介	193
一、受拉构件的分类	193
二、轴心受拉构件的正截面承载力	194
三、偏心受拉构件的正截面承载力	194
本章小结	196
复习思考题	196
思考与练习	196

第七章 钢筋混凝土基本结构单元 198

第一节 现浇钢筋混凝土楼盖	199
一、现浇钢筋混凝土楼盖的类型	199
二、现浇钢筋混凝土单向板肋形楼盖	200

第二节 现浇钢筋混凝土双向板肋形	
楼盖·····	211
一、双向板的破坏特征及受力特点·····	211
二、双向板按弹性理论计算·····	211
第三节 楼梯·····	212
一、现浇板式楼梯的计算与构造·····	213
二、现浇梁式楼梯的计算与构造·····	215
本章小结·····	216
复习思考题·····	217
思考与练习·····	217
第八章 预应力混凝土基本知识·····	218
第一节 预应力混凝土概述·····	218
一、预应力混凝土的基本概念·····	218
二、预应力混凝土建立的方法·····	219
第二节 预应力混凝土材料·····	221
一、预应力钢筋·····	221
二、混凝土·····	221
三、孔道及灌装材料·····	221
第三节 张拉控制应力与预应力损失·····	222
一、张拉控制应力·····	222
二、预应力损失及减少预应力损失的措施·····	222
三、预应力损失值的组合·····	224
本章小结·····	224
复习思考题·····	224

第九章 多层及高层钢筋混凝土房屋····· 225

第一节 常用结构体系·····	226
一、框架体系·····	226
二、剪力墙体系·····	226
三、框架-剪力墙体系·····	227
四、筒体体系·····	227
第二节 框架结构基本构造·····	228
一、框架结构的布置·····	228

二、框架结构的受力特点·····	229
三、框架结构的构造·····	230
本章小结·····	232
复习思考题·····	232

第十章 砌体结构构件和基本结构单元····· 233

第一节 砌体结构构件计算·····	233
一、砌体结构受压构件承载力的计算·····	233
二、砌体结构静力计算方案·····	238
三、砌体结构构件高厚比的验算·····	239
第二节 刚性方案房屋计算·····	242
一、多层房屋承重纵墙的计算·····	242
二、多层刚性方案房屋承重横墙的计算·····	244
第三节 过梁、圈梁·····	245
一、过梁·····	245
二、圈梁·····	245
本章小结·····	247
复习思考题·····	247
实践与思考·····	248

第十一章 钢结构的连接····· 249

第一节 钢结构的连接方法·····	249
一、焊缝连接·····	250
二、铆钉连接·····	250
三、螺栓连接·····	250
第二节 焊接方法、焊缝连接形式及标注·····	250
一、钢结构常用焊接方法·····	250
二、焊缝连接形式及焊缝形式·····	251
三、焊缝符号及标注方法·····	251
第三节 对接焊缝连接·····	252
一、对接焊缝的构造·····	252
二、对接焊缝的计算·····	253
第四节 角焊缝连接·····	257
一、角焊缝的形式和构造要求·····	257

二、直角角焊缝连接的计算	259
第五节 焊接应力与焊接变形	264
一、焊接应力与焊接变形的产生	264
二、减少焊接应力与焊接变形的措施	264
第六节 普通螺栓连接	265
一、普通螺栓连接的构造	265
二、普通螺栓连接的抗剪计算	268
三、普通螺栓的抗拉连接	271
四、拉力、剪力共同作用下螺栓群连接的 计算	273
第七节 高强度螺栓连接的工作性能和 计算	274
一、高强度螺栓连接的工作性能	274
二、高强度螺栓连接的计算	274
本章小结	276
复习思考题	276
思考与练习	276
第十二章 钢结构构件	278
第一节 轴心受力构件	278
一、轴心受力构件的应用和截面形式	278
二、轴心受力构件的强度和刚度	280
三、轴心受压构件的整体稳定	282
四、轴心受压构件的局部稳定	284
第二节 受弯构件	286
一、受弯构件的形式和应用	286
二、受弯构件的强度、刚度	287
三、受弯构件的整体稳定	292
四、受弯构件的局部稳定	296
第三节 受弯构件	298
一、拉弯和压弯构件概述	298
二、拉弯和压弯构件的强度计算	300
三、拉弯和压弯构件的刚度计算	301
四、实腹式压弯构件的整体稳定计算	301
五、实腹式压弯构件的局部稳定	302
第四节 钢结构构件构造	302
一、梁与梁的连接构造	302

二、柱及主要节点的构造	305
本章小结	308
复习思考题	309
思考与练习	309

第三篇 建筑结构抗震

第十三章 建筑结构抗震设计基本 知识	311
第一节 地震基本知识	311
一、地震类型及成因	311
二、地震震级及地震烈度	312
三、地震灾害	313
第二节 抗震设计基本要求	313
一、抗震设防依据	313
二、抗震概念设计	314
三、结构体系	315
第三节 钢筋混凝土房屋抗震规定	316
一、钢筋混凝土框架结构房屋的震害 特点	316
二、结构选型及布置	317
三、钢筋混凝土框架结构房屋的抗震构造 措施	319
第四节 多层砌体房屋抗震规定	323
一、砌体房屋的震害特点	323
二、多层砌体房屋的结构选型与布置	324
三、多层砌体房屋的抗震构造措施	327
本章小结	330
复习思考题	331
实践与思考	331

附录一 混凝土结构附表	332
--------------------------	-----

附录二 钢结构附表	335
------------------------	-----

参考文献	350
-------------------	-----

第一篇 建筑力学

第一章 建筑力学概述

内容提要

建筑力学是主要研究建筑结构或构件在外力作用下的平衡规律和变形规律的学科。本章主要包括建筑力学的基本概念、建筑力学的研究对象、建筑力学的研究内容、变形固体的基本假设、荷载的分类和杆件的基本变形。

知识目标

1. 理解建筑力学的研究对象和研究内容。
2. 掌握建筑力学的基本概念。
3. 理解变形固体的基本假设。
4. 熟悉荷载的类型。
5. 掌握杆件的基本变形形式。

能力目标

1. 掌握建筑力学的基本概念，并且能够将建筑力学的基本概念运用到实际建筑工程中。
2. 对建筑工程的实际荷载进行分类。
3. 结合实例，对实际建筑工程中结构或构件的变形进行分析。

学习建议

1. 结合建筑工程实例，理解建筑力学的基本概念。
2. 结合建筑工程实例，理解建筑力学的应用。
3. 结合建筑工程实例，掌握荷载的种类与应用。
4. 结合建筑工程实例，掌握杆件的基本变形。

一、建筑力学的概念

各类建筑物或构筑物，在工程的建造和使用过程中都要承受各种力的作用，并且在力的作用下将产生运动和变形。工程中经常将主动作用在建筑物上的外力称为荷载。建筑物中能承受或传递荷载并起骨架作用的物体及体系叫作结构，结构的各个组成部分称为构件。如图 1-1 所示，框架结构中的梁、板、柱等构件以及由这些构件组成的体系称为框架结构。例如，桥梁、其他房屋建筑等结构都承受着各种荷载的作用。

建筑力学是主要研究建筑结构或构件在外力作用下的平衡规律和变形规律的学科。在研究物体受力平衡的规律时，常把物体看成不变形的物体，即刚体；在研究力的变形规律时，则把

物体看成是变形固体。建筑力学是一门技术基础课程，它为土木工程的结构设计及施工现场受力问题的解决提供基本的力学知识和计算方法。建筑力学在建筑、桥梁、交通、水利、运输、港口、航天、航空、机械、电力等行业有着广泛的应用。

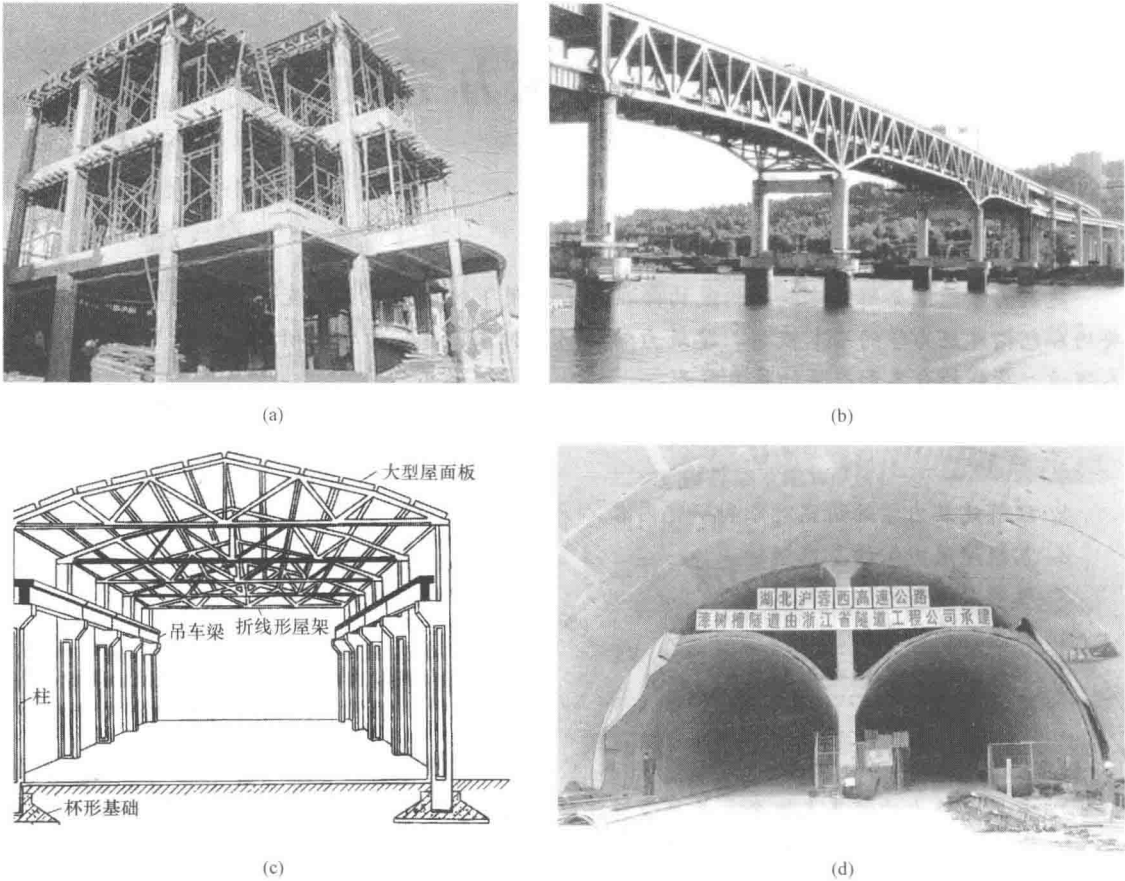


图 1-1 常见建筑结构

(a)房屋结构；(b)桥梁结构；(c)工业厂房结构；(d)隧道结构

二、建筑力学的研究对象

建筑力学的研究对象主要是建筑物的结构或组成建筑结构的构件，工程中的构件形状是各种各样的，根据结构或构件的几何形状可分为杆件结构、薄壁结构和实体结构。

1. 杆件结构

杆件结构是指由杆件组成的结构。其几何特征是横截面的宽度和高度尺寸比长度小很多，如图 1-2(a)、(b)和图 1-3(a)所示。

杆件结构的类型可分为两种：一种是平面杆件结构，是指组成结构的所有杆件的轴线都位于同一平面内，并且荷载也作用于该平面内的结构；另一种是空间杆件结构，是指组成结构的所有杆件以及荷载不位于同一平面内的结构。

2. 薄壁结构

薄壁结构是指由薄板或薄壳组成的结构。其几何特征是厚度尺寸远比长度和宽度小很多，如图 1-2(c)、(d)和图 1-3(b)、(c)所示。平面形状称为板，曲面形状称为壳。

3. 实体结构

实体结构是结构的长度、宽度、高度三个方向的尺寸很接近的结构,如图 1-2(e)和图 1-3(d)所示。

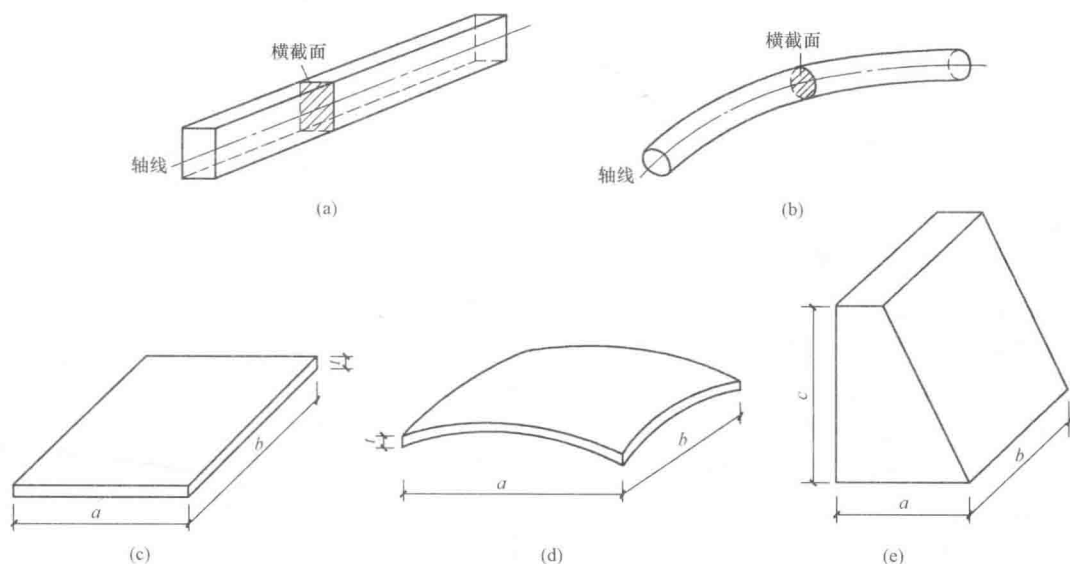


图 1-2 构件的几何形状类型

(a)直杆; (b)曲杆; (c)薄板; (d)薄壳; (e)实体

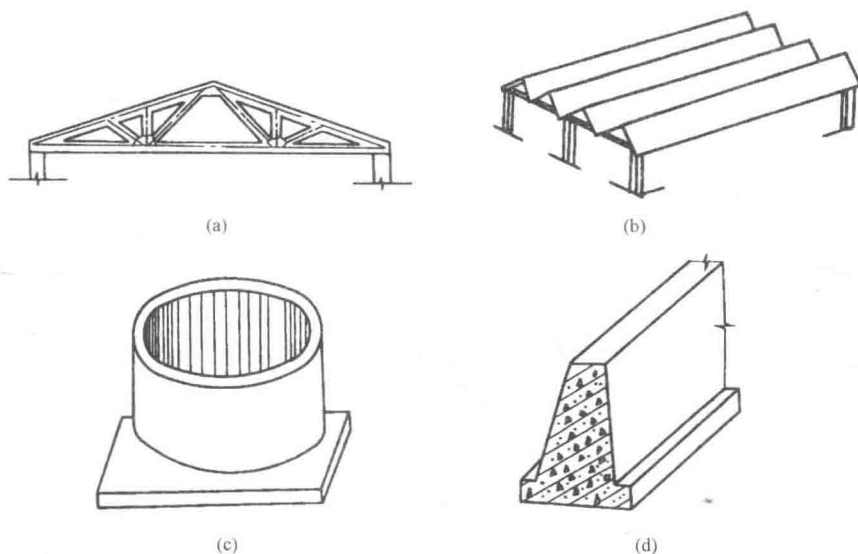


图 1-3 结构的几何形状类型

(a)杆件结构: 屋架; (b)坡屋顶; (c)水池; (d)挡土墙

三、建筑力学的研究内容

建筑力学以单个杆件或杆件体系作为研究对象,弹性力学以实体结构和薄壁结构作为研究对象。工程结构或构件的主要作用是承受荷载和传递荷载,在荷载作用下结构或构件将会产生内力和变形。为了保证结构和构件安全可靠地工作,必须满足以下要求:

1. 具有足够的强度

强度是指结构或构件抵抗破坏的能力。在外力作用下,其保证结构和构件在外力作用下不发生破坏。结构在过大的荷载作用下可能发生破坏,因此,进行强度计算的目的是满足结构的安全性。

2. 具有足够的刚度

刚度是指结构或构件抵抗变形的能力。在外力作用下,其保证结构和构件在外力作用下不产生影响正常工作的变形。结构在荷载作用下,有了足够的强度还应当考虑其刚度,当结构变形过大时,也会影响其正常使用。进行刚度计算的目的是保证结构不致发生影响正常使用的变形。

3. 具有可靠的稳定性

稳定性是指结构或构件具有保持原有平衡状态的能力。结构中有些受压构件的长细比较大,当压力超过一定限度时,构件不能保持原来的平衡状态,突然侧向弯曲,从而导致结构破坏,这种现象称为构件失稳。如有些细长杆或薄壁构件在压力作用下,不是因强度、刚度不够而丧失工作能力,而是因失去原有的平衡状态而导致构件不能正常工作。

综上所述,建筑力学的主要任务是通过研究结构或构件的强度、刚度、稳定性,材料的力学性能,结构的几何组成规则和在保证结构既安全可靠又经济节约的前提下,为构件选择合适的材料、确定合理的截面形状和尺寸提供计算理论及计算方法。

结构是由许多构件组成的几何不变体系。若构件之间产生相对运动,结构成为几何可变体系,就不能发挥结构的性能和承担荷载作用,故而应研究结构的组成规律及其合理形式。

四、变形固体及其基本假设

变形固体是指在外力作用下会产生变形的固体。结构和构件可以采用各种各样的材料,它们的力学性能各不相同,在外力作用下,结构和构件都将发生形状和尺寸的变化,这是它们共同的特性。因此,在建筑力学中,常将构件的组成材料看作可变形的固体,并对变形固体作出以下的基本假设。

1. 均匀连续性假设

在变形固体内部,假设各处的机械性质完全相同。实际上变形固体的分子结构并不均匀。例如,金属是多晶体的组织,由无数个晶体无规则的排列组成。虽然每个晶体性质都不均匀,但多晶体的统计平均量,呈现出一种宏观的均匀性。因此,在变形固体内任取一部分材料都可视为其性质均匀。在变形固体内部假设没有任何空隙,即材料连续分布于整个体积,其结构是密实的。这与固体物质的微观结构是有差异的,固体物质的内部实际上存在着程度不同的缩孔与缩松,尺寸极其微小。但材料力学只从统计平均的宏观方面去考察变形固体,忽略这些微小因素的影响,从而认为变形固体的内部材料是密实和连续的,即认为在固体材料的整个体积内没有空隙充满物质。因而,在研究变形固体内一些力学量和变形等的关系时,就可以应用连续函数来表示。

2. 各向同性假设

在变形固体内部,假设各个方向上的力学性质都相同。对于均匀的非金属材料而言(如混凝土),一般都是各向同性的。对于由晶体组成的固体材料(如金属),每个单一的晶体在不同方向上有不同的机械性质。当有无数个晶体杂乱无章地排列时,在宏观上并不显示出方向上的差异。因此,可用统计平均的观点将它们看成各向同性体。

也有各向异性材料,它们在各个方向上具有不同的机械性质。如木材、冷拔的钢丝、胶合

板、复合材料层板等。

3. 小变形条件

结构和构件受力作用而产生的变形,按不同情况区分,其可能很小也可能很大。但材料力学所研究的,只限于构件在弹性范围内发生的小变形问题。这种小变形与构件的几何尺寸相比很小,可以忽略不计,按原有的几何尺寸计算,这对工程实用计算并无较大影响。

变形固体在外力作用下会产生两种性质的变形:一种是弹性变形,即当外力消除时,变形随之消失的变形;另一种是塑性变形,即当外力消除后,不能消失的变形。

五、荷载的类型

荷载是引起结构内力和变形的主要原因。作用于结构或构件上荷载的类型很多,常见类型如下:

(1)按荷载作用的区域大小,分为集中荷载和分布荷载。当荷载作用于结构面积很小时,可以认为荷载集中作用在结构上的一点,称为集中荷载或集中力,连续分布在结构上的荷载,称为分布荷载,如线荷载、面荷载。表达方式如图 1-4 所示。

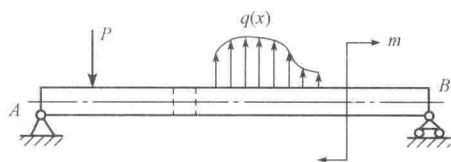


图 1-4 集中荷载与分布荷载

(2)按荷载作用效应可分为静力荷载和动力荷载。当荷载作用在结构上变化速度缓慢不会引起结构产生明显加速度时,这种荷载叫作静力荷载;当荷载作用在结构上其大小和作用方向均随时间而变,引起结构产生明显加速度,且不能忽略其惯性力时,这种荷载叫作动力荷载。

(3)按荷载作用的时间长短,分为恒荷载和活荷载。恒荷载是指作用于结构上大小、方向随时间的变化不发生变化或变化很小的荷载,如自重等;活荷载是指作用于结构上的位置、方向、大小数值随着时间的变化而变化的荷载,如人群,桥面上跑动的汽车,可移动的设备,风、雨、雪荷载等。

(4)除上述外力的直接作用外,结构还会受到一些间接作用,如温度变化、支座移动、地震等,都会使结构产生内力和变形。从广义上讲这些作用也可视为荷载。

六、杆件变形的基本形式

在建筑力学中,对同一个物体,当进行外力分析时把研究对象视为刚体;当进行内力分析时把研究对象视为变形体。这是对同一个物体在相同力的作用下,在不同研究范畴内所建立的不同力学模型。杆件中各横截面形心的连线称为轴线。轴线为直线的杆称为直杆,其中各横截面尺寸和形状相同的直杆,称为等直杆。轴线为曲线的杆件称为曲杆。

杆件是结构系统中最基本的构件,它在工程实际中大量存在,很多其他形式的构件,也可以简化为一根杆件或杆件的组合结构来处理。例如桥梁、机器连杆、传动轴等,都可以简化为杆件来进行受力分析。

各种荷载施加于杆件后也将产生各种的变形,但可以把杆件的变形归纳为下列四种基本变形形式中的一种,或者是某几种基本变形的组合。

(1)轴向拉伸或压缩变形(图 1-5)。如果在直杆的两端各受到一个外力 F 的作用,且二者的大小相等、方向相反、作用线与杆件的轴线重合,那么杆的变形主要是沿轴线方向的伸长或缩短,这种变形称为轴向拉伸或压缩。

如图 1-6 所示的结构,在 B 点受到力的作用后,应用工程力学知识分析可以得知 AB 杆产生

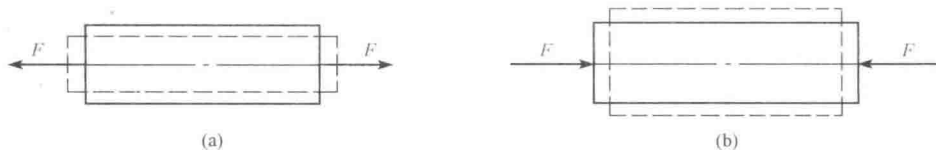


图 1-5 轴向拉伸或压缩变形

(a)轴向拉伸；(b)轴向压缩

轴向拉伸变形，而 BC 杆则产生轴向压缩变形。

(2)剪切变形。如果杆件上受到一对大小相等、方向相反、作用线平行且相距很近的外力沿垂直于杆轴线方向作用时，杆件的横截面沿外力的方向发生相对错动，这种变形称为剪切变形，如图 1-7 所示。

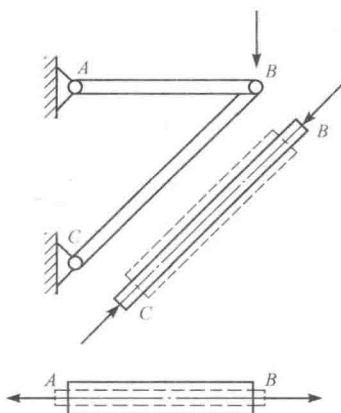


图 1-6 三铰支架受力分析

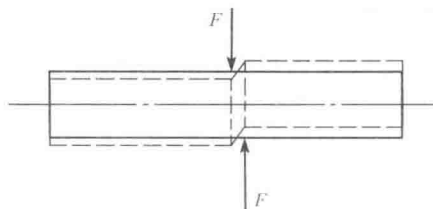


图 1-7 剪切变形

如图 1-8 所示为铆钉连接产生的剪切变形。此外，如平键和销钉等也承受剪切变形。

(3)扭转变形。如果在杆件两端各受到一个外力偶 M_e 的作用，且二者的大小相等、转向相反、作用面与杆件的轴线垂直，那么杆件的横截面绕轴线发生相对转动，产生相对扭转角，则这种变形称为扭转变形，如图 1-9 所示。

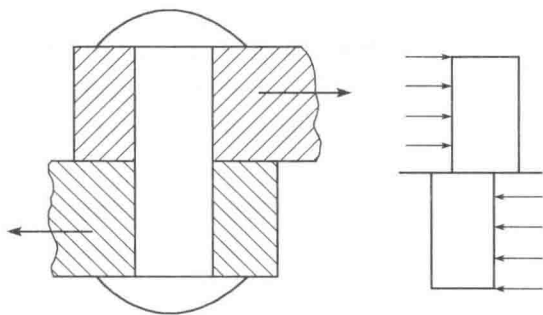


图 1-8 连接件受力分析

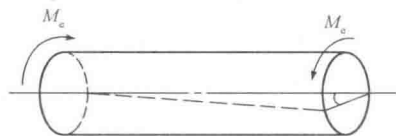


图 1-9 扭转变形

在工程上，承受扭转变形的构件还很多，如汽车的转向轴、机械传动轴等。如图 1-10 所示为齿轮轴传动装置，其圆轴主要为扭转变形。

(4)弯曲变形。如果直杆在两端各受到一个外力偶 M_e 的作用，且二者的大小相等、转向相反、作用面都与包含杆轴的某一纵向平面重合，或者是受到在纵向平面内作用的垂直于杆轴线

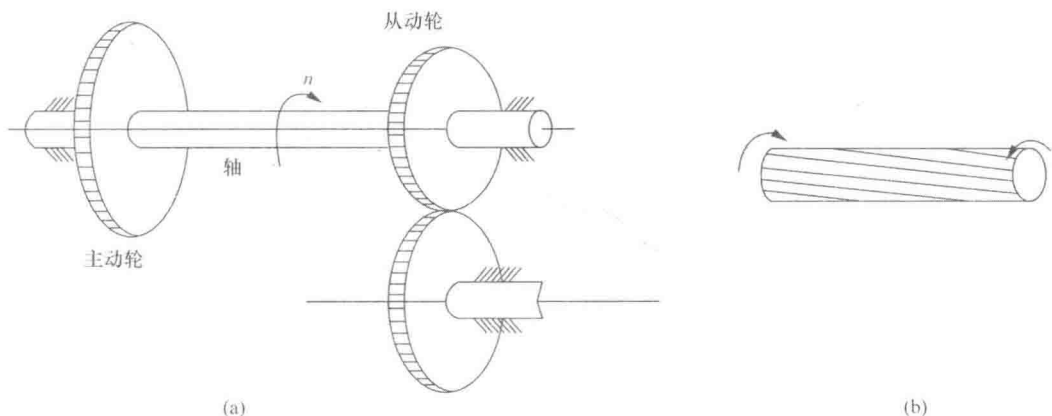


图 1-10 圆轴的扭转变形

的外力作用时，杆件的轴线就要变弯，这种变形称为弯曲变形，如图 1-11 所示。

如图 1-12(a)所示的梁，当受到与杆轴垂直的横向力作用后，就使它产生弯曲变形。弯曲变形在实际工程中较常见，如火车车轴和桥式吊车梁等，主要就是产生弯曲变形，如图 1-12 (b)、(c)所示。

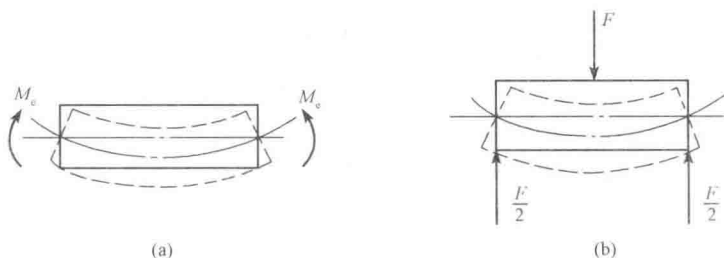


图 1-11 弯曲变形
(a)纯弯曲；(b)横力弯曲

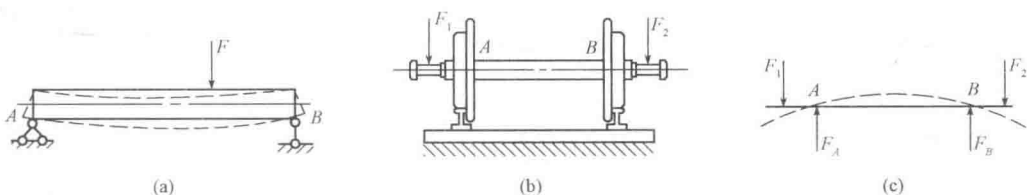


图 1-12 弯曲变形

如图 1-13 所示，当荷载作用在梁的纵向对称面内为平面弯曲，工程力学所研究的弯曲主要是平面弯曲。

(5)组合变形。组合变形是指同时发生两种或两种以上基本变形形式的组合。

杆件的变形是复杂的，有时是上述基本变形的组合形式。例如机械齿轮轴，常常受到扭转与弯曲的联合作用，两种变形同时发生。又如房屋结构中的框架柱主要是压弯组合变形等。这些内容在本书相关章节中将会详细阐述。

在实际工程中，常见的组合变形形式有斜弯曲(或称双向弯曲)、拉(压)与弯曲的组合、弯曲与扭转的组合等，如图 1-14 所示。