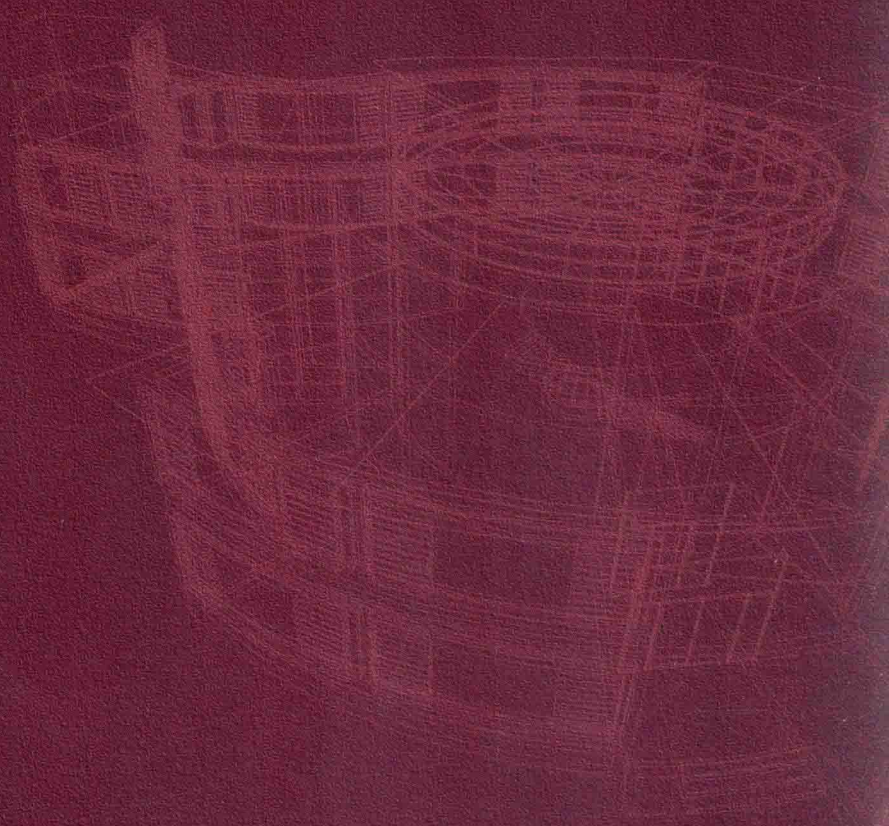




JIANZHULIXUE

建筑力学

主 编 王 新 焦欣欣

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

建筑力学

主 编 王 新 焦欣欣
副主编 沈新福 曾宪群
侯昌猛 许 玮
参 编 田小风 魏 炜

内 容 提 要

本书按照高等院校人才培养目标以及专业教学改革的需要,依据最新建工程施工标准规范进行编写。全书共分为14个模块,主要内容包括绪论、静力学基础、平面汇交力系、力矩与平面力偶系、平面一般力系、轴向拉伸与压缩、平面图形的几何性能、剪切与扭转、梁的计算、平面体系的几何组成分析、静定梁的内力及内力分析、静定结构的位移计算、超静定结构的内力计算、影响线及其应用等。

本书可作为高等院校土木工程类相关专业的教材,也可作为函授和自考辅导用书,还可供建筑工程施工现场相关技术和管理人员工作时参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学 / 王新, 焦欣欣主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 9

ISBN 978-7-5682-4304-9

I. ①建… II. ①王… ②焦… III. ①建筑科学—力学 IV. ①TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第140312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 / 16.5

字 数 / 391千字

版 次 / 2017年9月第1版 2017年9月第1次印刷

定 价 / 65.00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

前言

PREFACE

随着人类社会的进步和发展,人类逐渐从建筑建构和实践中总结经验,发展成现代的力学理论与方法。这些理论和方法几乎被应用到了所用领域。建筑的发展和力学是分不开的,可以说,没有可靠的力学与结构分析就没有安全而又实用的优秀建筑。尤其是对于现代建筑的意义更为重要,每一座好的建筑建造前都要通过很多次的实验验证。

“建筑力学”是为建筑专业的学生开设的一门理论性、实践性较强的技术基础课,旨在培养学生应用力学的基本原理,分析和研究建筑结构和构件在各种条件下的强度、刚度、稳定性等方面问题的能力。通过学习本课程,使学生了解结构受力分析的基础知识;熟练掌握静力学的基本知识;掌握静定结构的内力和位移计算;掌握基本杆件的强度、刚度、稳定性计算;基本掌握简单超静定结构的内力的计算;通过观察,了解力学实验的基本过程。

本书编写时力求做到理论联系实际,注重科学性、实用性和针对性,突出学生应用能力的培养。本书内容新颖、层次明确、结构有序,注重理论与实际相结合,加大了实践运用力度。其基础内容具有系统性、全面性,具体内容具有针对性、实用性,满足专业特点要求。

为更加适合教学使用,除绪论外,本书各模块前均设置了

【学习目标】与【学习任务】，为学生学习和教师教学做了引导；各模块后设置了【本章小结】，以学习重点为框架，对各任务知识进行归纳总结，【复习思考题】及【习题】以简答题和计算题的形式，从更深的层次给学生以思考、复习的切入点，从而构建一个“引导-学习-总结-练习”的教学全过程。

本书由王新、焦欣欣担任主编，沈新福、曾宪群、侯昌猛、许玮担任副主编，田小风、魏炜参与了本书部分章节的编写工作。具体编写分工为：王新编写绪论、模块5、模块8和附录；焦欣欣编写模块2、模块6和模块12；沈新福编写模块1和模块4；曾宪群编写模块3和模块11；侯昌猛编写模块13；许玮编写模块10；田小风编写模块7；魏炜编写模块9。

本书在编写过程中参阅了大量的文献，在此向这些文献的作者致以诚挚的谢意！由于编写时间仓促，编者的经验和水平有限，书中难免有不妥和错误之处，恳请读者和专家批评指正。

编 者

目录 CONTENTS

绪论..... 1

- 0.0.1 建筑力学研究的对象..... 1
- 0.0.2 建筑力学研究的内容..... 2
- 0.0.3 建筑力学研究的任务..... 2
- 0.0.4 建筑力学与其他课程的关系和学习方法..... 3

模块1 静力学基础..... 4

- 任务1-1 力与平衡的概念..... 4
 - 1.1.1 力的概念..... 4
 - 1.1.2 力系与平衡力系..... 6
- 任务1-2 静力学基本公理..... 6
- 任务1-3 约束与约束反力..... 10
 - 1.3.1 约束与约束反力的概念..... 10
 - 1.3.2 柔索约束..... 11
 - 1.3.3 光滑接触面约束..... 11
 - 1.3.4 圆柱铰链约束..... 12
 - 1.3.5 链杆约束..... 12
 - 1.3.6 支座的简化和支座的反力..... 12
- 任务1-4 物体的受力分析和受力图... 14
 - 1.4.1 脱离体与受力图..... 14
 - 1.4.2 物体受力图的画图步骤..... 14

模块2 平面汇交力系..... 18

- 任务2-1 力系的分类..... 18
- 任务2-2 平面汇交力系合成与平衡... 19

- 2.2.1 平面汇交力系合成的几何法..... 19

- 2.2.2 平面汇交力系合成的解析法..... 21

模块3 力矩与平面力偶系..... 27

- 任务3-1 力矩..... 27
 - 3.1.1 力对点之矩..... 27
 - 3.1.2 力矩的性质..... 28
 - 3.1.3 合力矩定理..... 28
- 任务3-2 力偶与力偶矩..... 30
 - 3.2.1 力偶与力偶矩的概念..... 30
 - 3.2.2 力偶的基本性质..... 31
- 任务3-3 平面力偶系的合成与平衡条件..... 32
 - 3.3.1 平面力偶系的合成..... 32
 - 3.3.2 平面力偶系的平衡条件..... 33

模块4 平面一般力系..... 36

- 任务4-1 力的等效平移..... 36
- 任务4-2 平面一般力系向作用面内任一点简化..... 37
 - 4.2.1 简化方法和结果..... 37
 - 4.2.2 平面一般力系简化结果的讨论..... 38
 - 4.2.3 平面一般力系的合力矩定理..... 39
- 任务4-3 平面一般力系的平衡条件及其应用..... 40
 - 4.3.1 平面一般力系的平衡条件..... 40

4.3.2	平面一般力系的平衡方程	40
4.3.3	平面力系平衡方程	42
4.3.4	平面力系平衡方程的应用	43

模块5 轴向拉伸与压缩 49

任务5-1 变形固体的基本概念 49

5.1.1	变形固体及其基本假设	49
5.1.2	杆件变形	50
5.1.3	内力与应力	51
5.1.4	位移与应变	52

任务5-2 轴向受力构件的内力与 内力图 53

5.2.1	轴力的概念	53
5.2.2	截面法求轴力	53
5.2.3	轴力图	54

任务5-3 轴向受力构件的应力及强度 计算 55

5.3.1	轴向拉伸或压缩杆件横截面 正应力	55
5.3.2	轴向拉伸或压缩杆件斜截面上的 应力	57
5.3.3	轴向拉伸或压缩杆的强度计算	58

任务5-4 轴向拉压杆件的变形及胡克 定律 60

5.4.1	轴向拉压杆件的变形	60
5.4.2	胡克定律	62

任务5-5 材料在拉伸和压缩时的力学 性能 63

5.5.1	拉伸时材料的力学性能	64
5.5.2	压缩时材料的力学性能	67

任务5-6 压杆的稳定性计算 68

5.6.1	工程中压杆的稳定问题	68
5.6.2	稳定性概念和失稳破坏	68
5.6.3	细长压杆临界力的计算	69
5.6.4	压杆稳定计算	74
5.6.5	提高压杆稳定性计算的措施	75

模块6 平面图形的几何性能 78

任务6-1 重心和形心 78

6.1.1	重心的概念	78
6.1.2	重心的坐标公式	78
6.1.3	平面图形的形心	80

任务6-2 静矩 81

6.2.1	静矩的定义	81
6.2.2	形心与静矩的关系	82

任务6-3 惯性矩、惯性积与惯性半径 83

6.3.1	惯性矩、惯性积、惯性半径	83
6.3.2	惯性矩的平行移轴公式	84
6.3.3	形心主惯性轴和形心主惯性矩	85

模块7 剪切与扭转 88

任务7-1 剪切及计算公式 88

7.1.1	剪切的定义	88
7.1.2	剪切的计算公式	89

任务7-2 挤压及其计算公式 90

7.2.1	挤压概念	90
7.2.2	挤压的计算公式	90

任务7-3 剪切胡克定律与剪应力互等 定理 92

7.3.1	剪切胡克定律	92
7.3.2	剪应力互等定理	92

任务7-4 圆轴扭转计算 93

7.4.1	扭转的概念	93
7.4.2	圆轴扭转时的内力——扭矩	93
7.4.3	圆轴扭转时的剪应力	95
7.4.4	圆轴扭转时的强度条件	95
7.4.5	圆轴扭转时的刚度条件	96

模块8 梁的计算 100

任务8-1 平面弯曲的概念 100

8.1.1	梁弯曲变形的概念	100
8.1.2	单跨静定梁的基本形式	101

任务8-2 梁的内力	101	10.1.1 单跨静定梁	145
8.2.1 截面法求内力	101	10.1.2 多跨静定梁	147
8.2.2 梁横截面上内力的简化计算	104	10.1.3 斜梁	151
任务8-3 梁的内力图	106	任务10-2 静定平面刚架	152
8.3.1 列方程作梁的内力图	106	10.2.1 刚架的概念、特点及形式	152
8.3.2 用微分关系作梁的内力图	110	10.2.2 静定平面刚架支座反力计算	154
8.3.3 叠加法作梁的弯矩图	113	10.2.3 静定平面刚架内力分析及 内力图	155
任务8-4 梁的正应力与强度计算	115	任务10-3 静定平面桁架	157
8.4.1 梁正应力的计算	115	10.3.1 桁架的概念及特点	157
8.4.2 梁正应力强度条件	117	10.3.2 静定平面桁架的分类	157
任务8-5 梁的弯曲切应力与强度计算	121	10.3.3 桁架的内力计算	158
8.5.1 梁横截面上剪应力的计算	121	10.3.4 几种桁架受力特点的比较	162
8.5.2 梁的剪应力强度条件	125	任务10-4 三铰拱	164
任务8-6 梁的变形与刚度校核	126	10.4.1 拱的概念和特点	164
8.6.1 用叠加法计算梁的变形	126	10.4.2 三铰拱的计算	165
8.6.2 梁的刚度条件	128	10.4.3 三铰拱的合理拱轴	168
8.6.3 提高梁刚度的措施	129	任务10-5 静定组合结构	169
模块9 平面体系的几何组成分析 ...	134	10.5.1 组合结构的概念	169
任务9-1 杆件体系的分类与几何组成 分析的目的	134	10.5.2 组合结构的内力计算	170
9.1.1 几何不变体系和几何可变体系 ...	134	10.5.3 静定结构的特点	171
9.1.2 几何组成分析的目的	135	模块11 静定结构的位移计算	175
任务9-2 自由度和约束	135	任务11-1 变形体的虚功原理	175
9.2.1 自由度	135	11.1.1 结构位移的概念和计算目的 ...	175
9.2.2 约束	136	11.1.2 变形体的虚功原理	176
9.2.3 必要约束和多余约束	137	任务11-2 单位荷载法计算静定结构的 位移	179
任务9-3 虚铰和瞬变体系	138	11.2.1 单位荷载法	179
9.3.1 虚铰	138	11.2.2 虚单位荷载的设置	180
9.3.2 瞬变体系	138	11.2.3 荷载作用下的位移计算公式 ...	181
任务9-4 几何不变体系的基本规则 ...	139	任务11-3 图乘法计算静定结构的 位移	184
任务9-5 平面体系几何组成分析举例 ...	141	11.3.1 图乘法使用条件	184
模块10 静定梁的内力及内力分析 ...	145	11.3.2 图乘法使用技巧	186
任务10-1 静定梁内力计算	145		

11.3.3	应用图乘法计算静定结构的 位移	187	任务12-3	力矩分配法求解超静定结构的 内力	217
任务11-4	支座移动与温度改变时静定 结构的位移计算	189	12.3.1	力矩分配法的基本原理	217
11.4.1	静定结构在温度变化时的位移 计算	189	12.3.2	力矩分配法中的几个基本概念	219
11.4.2	静定结构在支座移动时的位移 计算	192	12.3.3	力矩分配法的计算步骤	221
模块12	超静定结构的内力计算	195	模块13	影响线及其应用	229
任务12-1	力法求解超静定结构	195	任务13-1	影响线的概念	229
12.1.1	超静定结构的概念	195	任务13-2	单跨静定结构的影响线	231
12.1.2	超静定次数的确定	196	13.2.1	静力法作单跨静定梁的影响线	231
12.1.3	力法的基本原理	198	12.2.2	机动法作静定梁的影响线	234
任务12-2	位移法求解超静定结构的 内力	205	任务13-3	影响线的应用	235
12.2.1	位移法的基本原理	205	13.3.1	当荷载位置固定时求某量值	235
12.2.2	等截面直杆的转角位移方程	208	13.3.2	确定最不利荷载位置	238
12.2.3	用位移法计算连续梁和超静定 刚架	213	附录	热轧型钢常用参数表	241
			参考文献	256	

绪 论

0.0.1 建筑力学研究的对象

建筑力学主要研究建筑工程结构的力学性能。建筑工程结构中的各类建筑物，都是由许多构件组合而成的。在建造之前，都要由设计人员对组成它们的构件进行受力分析，构件材料的选择、尺寸大小、排列位置等都要通过计算来确定。

建筑物在建造和使用过程中都会受到各种外部作用，可能出现的外部作用包括荷载作用(恒载、活载、风载、水压力、土压力等)、变形作用(地基不均匀沉降、材料胀缩变形、温度变化引起的变形、地震引起的地面变形等)、环境作用(阳光、风化、环境污染引起的腐蚀、火灾等)。在建筑物中，承受并传递外部作用的骨架部分称为结构，建筑结构中的每一个基本组成部分称为构件。在实际工程中，结构一般是由多个构件通过各种方式连接起来所组成的。例如，板、梁、柱等构件组成了常见的混凝土或钢框架结构，如图 0-1 所示；屋面板、屋架、柱、基础等构件组成了单层厂房排架结构，如图 0-2 所示。

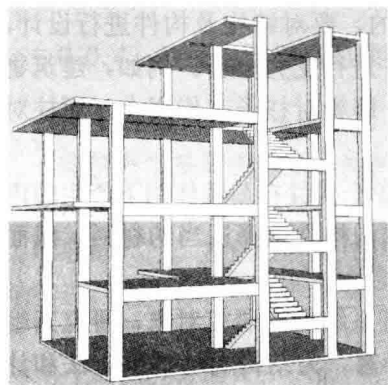


图 0-1

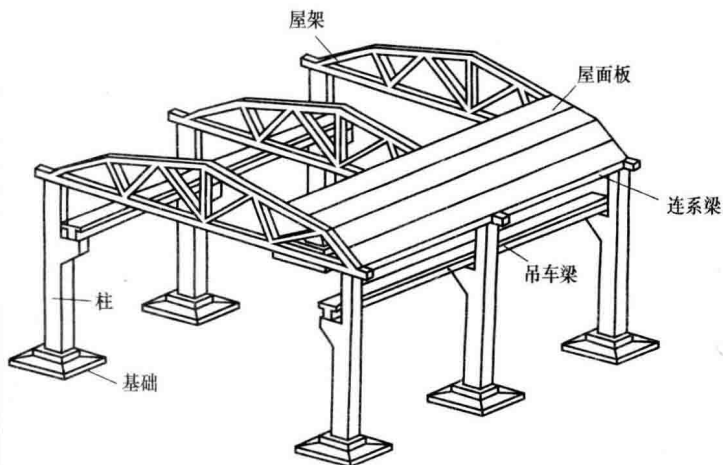


图 0-2

在建筑结构中，构件是组成结构的基本部件，构件的形状多种多样，按照几何特征，构件可分为杆件、板、壳和实体，如图 0-3 所示。杆件的几何特征为长条形，长度远大于其他两个方向的尺寸(5 倍以上)。板壳的厚度远小于其他两个尺寸(长度和宽度)，板的几何特征为平面形，壳的几何特征为曲面形，实体的几何特征为块状，长、宽、高三个尺度大体相近，内部大多为实体。

按照组成结构构件的形状和几何尺寸，结构可分为杆系结构、薄壁结构和实体结构三类。全部构件均由杆件组成的建筑结构称为杆系结构，如由梁、柱等主要构件组成的混凝土或钢框架结构；薄壁结构如楼板、薄壳屋面等；实体结构如挡土墙、水坝、承台基础等。

建筑力学的研究对象主要是杆件及杆系结构。

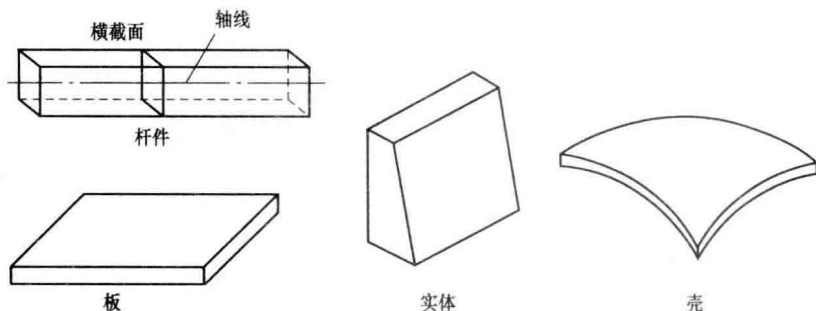


图 0-3

0.0.2 建筑力学研究的内容

建筑力学是一门技术基础课程。它主要分析材料的力学性能和变形特点以及建筑结构或构件的受力情况,包括结构或构件的强度、刚度和稳定性,为建筑结构设计及解决施工中的受力问题提供基本的力学知识和计算方法。

建筑力学涉及的内容很多,本书将所研究的内容分为静力学、材料力学与结构力学三个部分。

本书模块1~模块4阐述的是静力学内容,主要研究结构构件的受力问题和平衡问题。因为建筑物相对地球处于静止平衡状态,所以,结构构件上所受到的各种力都要符合使物体保持平衡状态的条件。由于结构构件是承受和传递荷载的,要对结构及构件进行设计,首先需要弄清楚其承受的荷载及荷载的传递路线,即对构件进行受力分析。例如,建筑物中一根受荷载作用的梁搁在柱子上,梁将荷载传递给柱子,即梁对柱子有作用力,而柱对梁有支承力作用。

本书模块5~模块8阐述的是材料力学内容,主要研究单个构件在荷载作用下产生的内力、变形,研究构件的承载能力,为设计既安全又经济的结构构件选择适当的材料、截面形状和尺寸。

本书模块9~模块13阐述的是结构力学内容,主要以杆系结构为研究对象,研究其组成规律和合理形式,以及结构在外因作用下内力和变形的计算,为结构设计提供方法和计算公式。

值得注意的是,在结构设计中,要想完全严格地按照结构的实际情况进行力学分析是很难做到的,也是不必要的,因此,对实际结构进行力学分析时必须做一些必要的简化,略去一些次要因素,抓住其主要特点,即采用一个图形来表示简化了的实际结构,这种图形叫作结构的计算简图。确定结构的计算简图,是对实际结构进行力学分析的重要步骤。

0.0.3 建筑力学研究的任务

在施工和使用过程中,建筑结构和构件要承受及传递各种荷载作用,构件本身会因荷载作用而产生变形,存在损坏、失稳的可能。建筑力学的任务是研究建筑结构的几何组成规律,以及在荷载作用下结构和构件的强度、刚度和稳定性问题。其目的是保证建筑结构

按设计要求正常工作，并充分发挥材料的性能，使设计的结构既安全可靠又经济合理。

(1)强度。构件本身具有一定的承载能力，在荷载的作用下，其抵抗破坏或不产生塑性变形的能力通常称为强度。构件在过大的荷载作用下可能被破坏。例如，当起重机的起重量超过一定限度时，吊杆可能断裂。

(2)刚度。在荷载作用下，构件不产生超过工程允许的弹性变形的能力称为刚度。在正常情况下，构件会发生变形，但变形不能超出一定的限值，否则将会影响正常使用。例如，如果起重机梁的变形过大，起重机就不能正常行驶。因此，设计时必须保证构件有足够刚度使变形不超过规范允许的范围。

(3)稳定性。在荷载作用下，构件保持其原有平衡状态的能力称为稳定性。结构中受压的细长杆件，如桁架中的压杆，在压力较小时能保持直线平衡状态，当压力超过某一临界值时，就可能变为非直线平衡并发生破坏，称为失稳破坏。工程结构中的失稳破坏往往比强度破坏损失更惨重，因为这种破坏具有突然性，没有先兆的特点。

结构的强度、刚度、稳定性反映了它的承载能力，其高低与构件的材料性质、截面的几何形状及尺寸、受力性质、工作条件及构造情况等因素有关。在结构设计中，如果把构件截面设计得过小，构件会因刚度不足导致变形过大而影响正常使用，或因强度不足而迅速破坏；如果构件截面设计得过大，其能承受的荷载过分大于所受的荷载，则又会不经济，造成人力、物力上的浪费。因此，结构和构件的安全性与经济性是矛盾的。建筑力学的任务就在于力求合理地解决这种矛盾，即研究和分析作用在结构(或构件)上的力与平衡的关系，结构(或构件)的内力、应力、变形的计算方法以及构件的强度、刚度和稳定条件，为保证结构(或构件)既安全可靠又经济合理提供计算理论依据。

0.0.4 建筑力学与其他课程的关系和学习方法

1. 建筑力学与其他课程的关系

建筑力学是研究建筑结构的力学计算理论和方法的一门科学，它是建筑结构、建筑施工技术、地基与基础等课程的基础，为学习者打开了进入结构设计和解决施工现场许多受力问题的大门。显然，作为结构设计人员必须掌握建筑力学知识，只有这样才能正确地对结构进行受力分析和力学计算，保证所设计的结构既安全可靠又经济合理。

作为施工技术及施工管理人员，也要掌握建筑力学知识，了解构件的受力情况、力的传递途径，以及构件在力的作用下所发生的破坏情况等。这样，在施工中才能理解设计的意图与要求，保证工程质量，避免工程事故发生，更好地采取安全的施工措施。

2. 建筑力学的学习方法

(1)通过观察生活和工程实践的各种现象，经过抽象化建立力学模型，从而进行分析和归纳，进一步总结力学的基本规律。

(2)针对建筑力学抽象、计算类型比较多的特点，要多比较、多练习才能掌握基本知识。

模块 1 静力学基础

◎学习目标

- (1)了解力、力系、平衡、平衡力系的概念；掌握静力学的基本公理。
- (2)了解约束与约束反力的概念；熟悉柔索约束、光滑接触面约束、圆柱铰链约束、链杆约束、支座的简化和支座的反力；掌握物体受力图的画图步骤。

◎学习任务

- (1)具有应用静力学基本公理分析力学简单问题的能力。
- (2)能正确分析工程结构中的约束反力。
- (3)能正确绘制单个物体及物体系统的受力图。

任务 1-1 力与平衡的概念

1.1.1 力的概念

1.1.1.1 力的定义

力是物体之间的相互作用，这种作用使物体的运动状态或形状发生改变。物体相互间的作用形式多种多样，可以归纳为两类：一类是两物体相互接触时，它们之间相互产生的拉力或压力；另一类是地球与物体之间相互产生的吸引力，对于物体来说，这种吸引力就是重力。

力不能脱离物体而单独存在，它总是成对出现的，有作用力必有反作用力。物体在受到力的作用后，产生的效应可以分为两种：一是使物体的运动状态发生改变（称为外效应，也称为运动效应）；二是使物体的形状发生变化（称为内效应，也称为变形效应）。

1.1.1.2 力的三要素

力对物体的效应取决于力的大小、力的方向和力的作用点三个要素。

1. 力的大小

力的大小表明物体之间相互作用的强弱程度。

2. 力的方向

力不但有大小，而且还有方向。力的方向包括力的作用线在空间的方位以及力的指向。

3. 力的作用点

力的作用点表示力对物体的作用位置。力的作用位置实际上是有一定范围的，只是当

作用范围与物体相比很小时,可近似地将其看作是一个点,一般情况下,这个点都是指物体在接触处的几何中心。

在描述一个力时,必须全面表明这个力的三个要素。在力的三要素中,任一要素的改变都会对物体产生不同的效果。

1.1.1.3 力的表示

力是矢量,是既有大小又有方向的量。通常,力可以用一个带箭头的线段来表示,如图 1-1 所示。线段的长度表示力的大小;线段与某参照直线(通常为 x 轴)的夹角表示力的方位角,箭头表示力的指向;带箭头线段的起点和终点都可以是力的作用点。当用图解法根据已知力求解未知力时,必须如实地在图中反映已知力的方向和大小。在图 1-1 中,按比例可以量得力 F 的大小是 20 kN,与水平线成 45° 角,指向右上方且作用在物体的 A 点上。

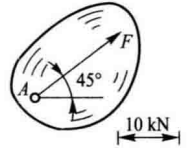


图 1-1

力矢量常用黑体字表示,如 $\mathbf{F}$ 、 $\mathbf{Q}$ 等。而 F 只表示力矢量的大小,例如,图 1-1 中力 F 的大小就写作 $F=20\text{ kN}$ 。

1.1.1.4 荷载

1. 荷载的概念

通常,我们把作用在结构上的主动力称为荷载,如结构自重、水压力、土压力、风压力以及人群及货物的重力、起重机轮压等;而把约束力称为反力。荷载和反力是相互独立且相互依存的一个矛盾的两个方面。它们都是其他物体作用在结构上的力,又统称为外力。在外力作用下,结构内各部分之间将产生相互作用的力,称为内力。另外,还有其他因素可以使结构产生内力和变形,如温度变化、地基沉陷、构件制造误差、材料收缩等。从广义上说,这些因素也可视为荷载。

2. 荷载的分类

在实际工程中,作用在结构上的荷载是多种多样的。为了便于力学分析,需要从不同的角度,对它们进行分类。

(1)按作用时间长短,荷载可分为永久荷载(恒载)、可变荷载(活载)和偶然荷载。

1)永久荷载。永久荷载是指在使用期间,其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略不计,或其变化是单调的并能趋于限制的荷载。如结构自重、土压力、预应力等。

2)可变荷载。可变荷载是指在使用期间,其值随时间变化,且其变化与平均值相比不可忽略不计的荷载。如楼面可变荷载、屋面可变荷载和积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载、温度作用等。

3)偶然荷载。偶然荷载是指在结构设计使用年限内不一定出现,而一旦出现其量值很大,且持续时间很短的荷载。如爆炸力、撞击力等。

(2)按作用范围不同,荷载可分为集中荷载和分布荷载。

1)集中荷载。集中荷载是指分布面积远小于结构尺寸的荷载,如起重机的轮压。由于这种荷载的分布面积较集中,因此,在计算图上可把这种荷载作用于结构上的某一点处。

2)分布荷载。分布荷载是指连续分部在结构上的荷载。分布荷载又可分为均布荷载和非均布荷载。若荷载连续作用,各处大小相同,这种荷载称为均布荷载。当荷载连续分布

在结构内部各点上时叫作体均布荷载；当荷载连续分布在结构表面上时叫作面均布荷载；当荷载沿着某条线连续分布时叫作线均布荷载。当荷载连续作用，但各处大小不相同时，则称为非均布荷载。

(3)按荷载的作用性质分类，荷载可分为动力荷载和静力荷载。

1)动力荷载。如果荷载的大小、作用位置、方向随时间而急剧变化，这种荷载称为动力荷载。例如，动力机械产生的荷载、地震力等。这种荷载的特点是，该荷载作用在结构上时，会产生惯性力，从而引起结构显著振动或冲击。

2)静力荷载。当荷载从零开始，逐渐缓慢地、连续均匀地增加到最后的确定数值后，其大小、作用位置以及方向都不再随时而变化，这种荷载称为静力荷载。例如，结构的自重，一般的活荷载等。静力荷载的特点是，该荷载作用在结构上时，不会引起结构振动。

1.1.2 力系与平衡力系

1. 力系

一般情况下，一个物体总是同时受到若干个力的作用。我们将同时作用于一个物体上的一群力称为力系。

2. 平衡

平衡是指物体相对于地球保持静止或匀速直线运动的状态。例如，房屋、水坝、桥梁相对于地球保持静止；沿直线匀速起吊的构件相对于地球是做匀速直线运动等。它们的共同特点就是运动状态没有发生变化。建筑力学研究的平衡主要是物体处于静止状态。

3. 平衡力系

使物体处于平衡状态的力系称为平衡力系。物体在力系作用下处于平衡时，力系所应该满足的条件，称为力系的平衡条件。

4. 力系的分解与合成

在不改变物体作用效应的前提下，用一个简单力系代替一个复杂力系的过程，称为力系的简化或力系的合成。对物体作用效应相同的力系，称为等效力系。

如果一个力与一个力系等效，则该力称为此力系的合力，而力系中的各个力则称为这个合力的分力。

任务 1-2 静力学基本公理

在生产实践中，人们对物体的受力进行了长期观察和试验，对力的性质进行了概括和总结，得出了一些经过实践检验是正确的、大家都承认的、无须证明的正确理论，这就是静力学公理。

公理一：二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力，使该刚体处于平衡状态的必要和充分条件是：这两个力大小相等、方向相反，且作用在同一条直线上。二力平衡公理的要素为“等值、反向、共线、同一物体”，如图 1-2 所示。

对于刚体来说, 这个条件是既必要又充分的; 但对于变形体, 这个条件必要但并不充分。例如, 柔绳受两个等值反向的拉力作用可以平衡, 而受两个等值反向的压力作用时就不能平衡了。

只受两个力的作用而处于平衡状态的构件称为二力构件(当二力构件的轴线为一条直线段时也称二力杆)。二力构件所受到的两个力必定是沿着此二力作用点的连线, 且大小相等、方向相反。当已知结构中某刚体仅在两个接触点处受两个力时, 就可以知道它所受到的这两个力的关系。

如图 1-3 所示的结构中, 构件 AB 只在点 A 和点 B 受力。因此就有: $F_A = F_B$ 。

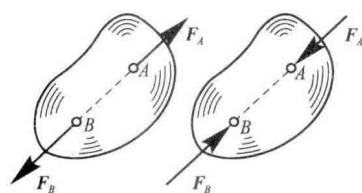


图 1-2

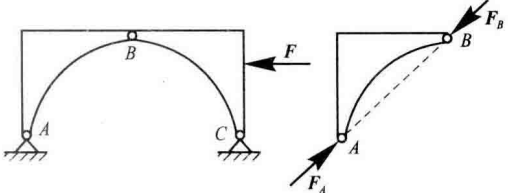


图 1-3

公理二：作用力与反作用力公理

作用力和反作用力总是同时存在、同时消失, 并且大小相等、方向相反、沿着同一直线, 分别作用在相互接触的两个物体上。

如图 1-4(a)所示, 放置在光滑水平面上的物块受重力 F_p 和支撑平面给它的约束反力 F_N 的作用而平衡。如图 1-4(b)所示, 其中: $F_N = F'_N$, 互为作用力与反作用力, 分别作用在物体和支撑面上。而 F_N 和 F_p 是作用于同一物体上的一对平衡力, 且满足二力平衡公理。

注意: 不能把作用力与反作用力的关系与二力平衡问题混淆。二力平衡公理中的两个力是作用在同一物体上的; 作用力与反作用力却分别作用在两个物体上。尽管它们也大小相等、方向相反、作用在同一直线上, 但不能使物体平衡。

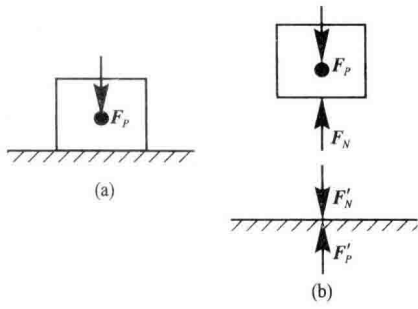


图 1-4

公理三：加减平衡力系公理

在作用于刚体的已知力系中, 加上或减去任意的平衡力系, 并不改变原力系对刚体的作用效应。也就是说, 如果两个力系只相差一个或几个平衡力系, 则它们对刚体产生的作用效果是相同的, 因此, 也是可以等效替换的。

这个公理对于研究力系的简化问题很重要。根据上述公理可以导出下述推论。

推理一：力的可传递性原理

作用于刚体上某点的力，可以沿着自身的作用线移动到刚体内的任意一点，而不改变该力对刚体的作用效应。

证明：

(1)已知：力 F 作用在刚体上的 A 点，如图 1-5(a)所示。

(2)根据加减平衡力系公理，可以在刚体内力的作用线上任取一点 B ，在 B 点加上一个平衡力系 F_1 和 F_2 ，并使 $F_1 = F_2 = F$ ，如图 1-5(b)所示。

(3)由于力 F 和 F_2 也是一个平衡力系，根据加减平衡力系公理可以将其去掉，这样只剩下一个力 F_1 ，如图 1-5(c)所示。

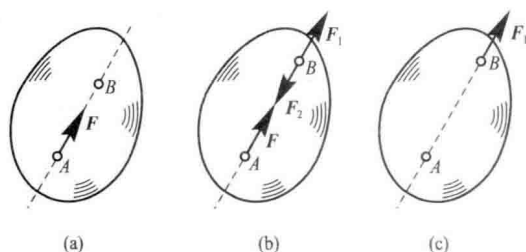


图 1-5

(4)作用在刚体上 B 点的力 F_1 和原力 F 等效，就相当于把作用在刚体上 A 点的力 F 沿其作用线移动到了 B 点。

由此可见，对于刚体来说，力的作用点已不再是决定力的作用效果的要素，它已被作用线所代替。因此，作用于刚体上的力的三个要素是：力的大小、方向和作用线。作用于刚体上的力不是定位矢量，而是滑移矢量。

应当指出，加减平衡力系公理和力的可传性原理只适用于刚体而不适用于变形体，即只适用于研究力的外效应(运动效果)，而不适用于研究力的内效应(变形效果)。例如，直杆 AB 的两端受到等值、反向、共线的两个力 F_1 、 F_2 作用而处于平衡状态，如图 1-6(a)所示。如果将这两个力各沿其作用线移到杆的另一端时[图 1-6(b)]，直杆 AB 仍然处于平衡状态，但是直杆的变形就大不相同了。图 1-6(a)所示的直杆变形是轴向拉伸，而图 1-6(b)所示的直杆变形是轴向压缩，这就说明当研究物体的变形效应时，不能使用力的可传性原理。

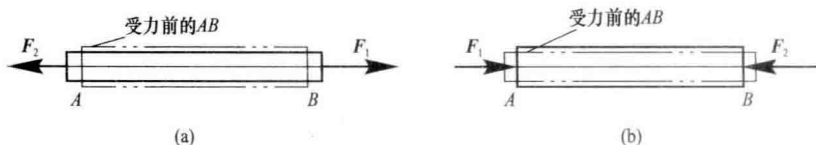


图 1-6

公理四：力的平行四边形法则

作用在物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力，合力的作用点也在该点，合力的大小和方向，由以这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线确定，如图 1-7 所示。