

● 普通高等学校“十三五”规划教材



建筑力学

● 主编 董传卓 胡翠平 刘运生



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通高等学校“十三五”规划教材

建筑力学

董传卓 胡翠平 刘运生 主编

2018.3

普通高等教育

ISBN 978-7-307-13975-8

建筑力学

主 编 董传卓 胡翠平 刘运生
副主编 孟昭博 张明璐 杨阿利 杨冬生



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

地址：武汉市武昌区珞珈山武汉大学内 邮编：430072 电话：(027) 87543667 电子邮箱：whupress@163.com

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/董传卓,胡翠平,刘运生主编. —武汉:武汉大学出版社, 2018.2

普通高等学校“十三五”规划教材

ISBN 978-7-307-19979-8

I. 建… II. ①董… ②胡… ③刘… III. 建筑力学—高等学校—教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 329064 号

责任编辑:孙 丽 杨赛君

责任校对:路亚妮

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:17.5 字数:480千字

版次:2018年2月第1版 2018年2月第1次印刷

ISBN 978-7-307-19979-8 定价:45.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

理论力学、材料力学、结构力学一直是土建类专业的重要技术基础课。因此,编者结合长期教学实践的经验,按照“一带一路”新形势下应用型人才的培养目标,本着“能力培养为中心、应用为目的、够用为原则”的思路,将三大力学的理论知识进行了整合。本书在编排上突出实用性和针对性,并尽量做到与实际工程相结合。

本书由青岛理工大学董传卓、青岛工学院胡翠平、青岛理工大学刘运生担任主编,聊城大学孟昭博、青岛工学院张明璐、中国矿业大学银川学院杨阿利、齐鲁理工学院杨冬生担任副主编,泰州科技学院姜毅、山西大学邓美林和杨晶、聊城大学张保良担任参编。具体编写分工如下:孟昭博、张保良编写了绪论和第12章;姜毅编写了第1章和第2章;邓美林编写了第3章;胡翠平、杨冬生编写了第4章、第9章和第13章;刘运生、杨冬生编写了第5章、第14章和第16章;董传卓编写了第6章和第15章;张明璐编写了第7章;杨晶编写了第8章;杨阿利编写了第10章和第11章。全书由董传卓负责统稿。

本书以二维码的形式配置大量电子学习资源,便于学生拓展知识和课外学习。本书可作为高等学校交通及土建类相应专业建筑力学和工程力学等课程的教材,也可作为有关工程技术人员的参考用书。本书参考课时为120学时,各院校可根据实际情况进行取舍。

本书在编写过程中参考了大量的相关文献,在此谨向相关作者表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加之时间仓促,不足、疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评、指正。

编 者

2017年12月

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导模式转变为建设性、发现性的学习,从被动学习转变为主动学习,由教师传播知识到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,逐步配备基本数字教学资源,主要包括:

文本:课程重难点、思考题与习题参考答案、知识拓展等。

图片:课程教学外观图、原理图、设计图等。

视频:课程讲述对象展示视频、模拟动画,课程实验视频,工程实例视频等。

音频:课程讲述对象解说音频、录音材料等。

数字资源获取方法:

① 打开微信,点击“扫一扫”。

② 将扫描框对准书中所附的二维码。

③ 扫描完毕,即可查看文件。

更多数字教学资源共享、图书购买及读者互动敬请关注“开动传媒”微信公众号!



目 录

0 绪论	(1)	3.3 内力、截面法、应力	(49)
0.1 建筑力学的研究对象	(2)	3.4 变形和应变	(50)
0.2 建筑力学的研究任务	(4)	本章小结	(51)
0.3 建筑力学的研究内容	(5)	思考题	(51)
0.4 建筑力学与其他课程的关系及 学习意义	(5)	4 轴向拉伸和压缩	(53)
0.5 建筑力学学习方法	(5)	4.1 轴向拉伸和压缩的内力	(53)
思考题	(6)	4.2 杆件在轴向拉伸和压缩时的应力	(55)
1 静力学基本概念和物体的受力分析 ..	(7)	4.3 轴向拉压杆的变形及胡克定律	(57)
1.1 静力学的基本概念	(7)	4.4 材料在轴向拉伸和压缩时的 力学性能	(60)
1.2 静力学的基本公理	(9)	4.5 轴向拉(压)杆的强度条件及其应用	(64)
1.3 约束与约束反力	(12)	4.6 应力集中的概念	(66)
1.4 物体的受力分析与受力图	(16)	本章小结	(67)
本章小结	(18)	思考题	(67)
思考题	(19)	5 剪切与扭转	(68)
2 平面力系	(21)	5.1 剪切与挤压的概念	(68)
2.1 平面汇交力系	(21)	5.2 剪切与挤压的实用计算	(69)
2.2 平面力对点之矩与平面力偶系	(26)	5.3 剪切胡克定律与切应力互等定理	(73)
2.3 平面一般力系的简化	(31)	5.4 圆轴扭转时的内力	(74)
2.4 平面一般力系的平衡条件和 平衡方程	(37)	5.5 圆轴扭转时的应力及强度条件	(76)
2.5 物体系的平衡	(39)	5.6 矩形截面杆扭转时的切应力	(79)
本章小结	(42)	本章小结	(80)
思考题	(44)	思考题	(81)
3 材料力学的基本概念	(47)		
3.1 变形固体及其基本假定	(47)		
3.2 杆件变形的基本形式	(48)		

6 平面图形的几何性质	(82)	本章小结.....	(142)
6.1 静矩和形心.....	(82)	思考题.....	(142)
6.2 惯性矩、极惯性矩、惯性积和 惯性半径.....	(85)	10 平面体系的几何组成分析	(143)
6.3 惯性矩和惯性积的平行移轴公式	(87)	10.1 几何组成分析的目的.....	(143)
本章小结.....	(89)	10.2 自由度和约束的概念.....	(144)
思考题.....	(90)	10.3 几何不变体系的基本组成规则	(145)
7 梁的弯曲	(91)	10.4 平面体系的几何组成分析举例	(147)
7.1 平面弯曲.....	(91)	10.5 静定结构与超静定结构的概念	(147)
7.2 梁的弯曲——剪力和弯矩.....	(92)	本章小结.....	(148)
7.3 用内力方程法绘制剪力图和弯矩图	(94)	思考题.....	(148)
7.4 用微分关系法绘制剪力图和弯矩图	(96)	11 静定结构的内力分析	(149)
7.5 用叠加法画弯矩图.....	(98)	11.1 多跨静定梁、斜梁.....	(149)
7.6 梁弯曲时的应力及强度计算.....	(99)	11.2 静定平面刚架.....	(154)
7.7 梁的变形.....	(106)	11.3 静定平面桁架.....	(161)
7.8 梁的应力状态.....	(110)	11.4 三铰拱.....	(167)
本章小结.....	(115)	11.5 组合结构.....	(171)
思考题.....	(116)	本章小结.....	(171)
8 组合变形	(117)	思考题.....	(172)
8.1 组合变形的概念.....	(117)	12 静定结构的位移计算	(173)
8.2 斜弯曲变形的应力和强度计算	(118)	12.1 结构位移的概念.....	(173)
8.3 拉伸(压缩)和弯曲组合变形的 强度计算.....	(121)	12.2 变形体的虚功原理*.....	(175)
8.4 偏心拉伸(压缩)的强度计算及 截面核心.....	(125)	12.3 结构位移计算的一般公式	(177)
本章小结.....	(132)	12.4 静定结构在荷载作用下的 位移计算.....	(179)
思考题.....	(132)	12.5 图乘法.....	(184)
9 压杆稳定	(134)	12.6 静定结构在支座移动时的 位移计算.....	(189)
9.1 压杆稳定性的概念.....	(134)	12.7 互等定理.....	(190)
9.2 临界力和临界应力.....	(135)	本章小结.....	(192)
9.3 压杆的稳定计算.....	(139)	思考题.....	(192)
9.4 提高压杆稳定性的措施.....	(140)	13 力法	(194)
		13.1 超静定次数的确定.....	(194)
		13.2 力法的基本原理.....	(195)

13.3 力法典型方程·····	(197)	思考题·····	(235)
13.4 用力法计算超静定结构·····	(198)	15 影响线及其应用 ·····	(236)
13.5 利用对称性简化计算·····	(200)	15.1 影响线的概念·····	(236)
13.6 支座移动时超静定结构的 计算·····	(206)	15.2 静力法作静定梁的影响线·····	(237)
本章小结·····	(207)	15.3 机动法作静定梁的影响线·····	(240)
思考题·····	(207)	15.4 影响线的应用·····	(242)
14 位移法与力矩分配法 ·····	(208)	本章小结·····	(245)
14.1 位移法的基本概念·····	(208)	思考题·····	(246)
14.2 位移法基本结构与基本未知量的 确定·····	(218)	16 结构动力计算 ·····	(247)
14.3 位移法典型方程·····	(221)	16.1 结构动力计算概述·····	(247)
14.4 力矩分配法的基本概念·····	(224)	16.2 单自由度体系的自由振动·····	(253)
14.5 力矩分配法计算单结点结构 ·····	(228)	16.3 简谐荷载作用下单自由度体系的 强迫振动·····	(256)
14.6 力矩分配法计算多结点结构 ·····	(231)	本章小结·····	(259)
本章小结·····	(235)	思考题·····	(260)
		附录·····	(261)
		参考文献·····	(272)



数字资源目录

0 绪 论

本章导读

建筑力学是一门研究材料的力学性能和结构组合规则,旨在确定结构构件经济、合理的截面形状和尺寸的专业基础课程。本章将介绍建筑力学的基本概念、研究对象、研究任务及研究内容,并提出建筑力学的学习意义及学习方法。

力学知识最早起源于人们对自然现象的观察和在生产劳动中的经验。早在我国春秋时期(公元前 4—前 3 世纪),《墨经》就给出了关于力的概念:“力,刑(形)之所以奋也”,说明了力是运动发生变化的原因;16—17 世纪,力学开始发展成为一门独立的、系统的学科;18 世纪中期,数学科学的发展促使力学取得了重要的成就,到 18 世纪末,静力学、运动学和动力学等经典基础力学得到了极大的丰富和完善;19 世纪,欧洲率先进入工业时代,土木建筑及机械制造等工程中出现的强度、刚度问题的解决使材料力学、结构力学和流体力学理论达到了更高的水平;进入 20 世纪,计算机技术实现了大数据计算、复杂问题计算,使力学与其他自然科学得到了广泛结合,将力学带入一个崭新的时代。

建筑力学综合了理论力学、材料力学、结构力学三大力学的主要内容,是建筑学、工程管理、建筑工程技术等专业必修的一门专业基础课,广泛应用于建筑、铁路、公路、港口、采矿等多个工程领域。随着我国经济建设的发展,高层建筑、超高层建筑、大型活动场馆及大跨度桥梁层出不穷,这对建筑力学的要求越来越高,建筑力学随之得以发展。例如,超高层建筑天津高银 117 大厦(图 0-1),其结构形式为钢筋混凝土核心筒+巨型框架,该建筑体的力学结构计算采用高运算能力的计算机完成;国家体育场“鸟巢”(图 0-2),它的钢结构是由 24 榀门式桁架围绕内部碗状看台区旋转而成,结构组件相互支撑,形成网格状构架,其造型优美,受力复杂,在施工过程中需要精湛的技术满足其精确的受力要求;南京长江大桥和杭州湾跨海大桥均为我国大跨度桥梁,如图 0-3、图 0-4 所示,桥梁设计时既要考虑水对结构体的侵蚀,又要考虑水砂对结构的推挤,因此其各个组件的内力较大,需要设计合理的结构形式。

建筑力学是一门理论性、实践性较强的专业基础课,主要通过研究结构的强度、刚度和稳定性,研究材料的力学性能和结构组合规则,在保证结构安全、经济的前提下,为构件选择合适的材料,确定合理的截面形状和尺寸,提供计算理论及方法。它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,掌握基本的力学知识和计算方法可为建筑工程领域的结构设计和建筑施工等提供基本保障,也为进一步学习相关专业课程打下必要的基础。



图 0-1



图 0-2

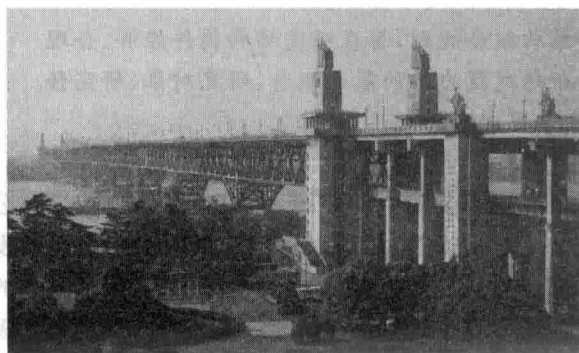


图 0-3

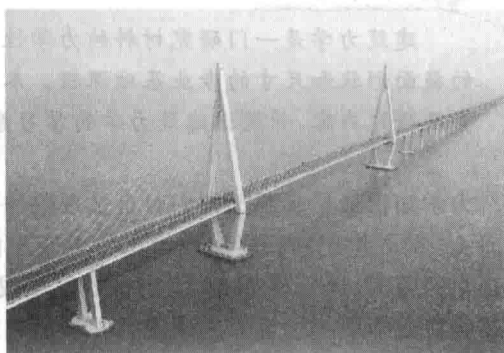


图 0-4

0.1 建筑力学的研究对象

在建筑物或构筑物中起骨架(承受和传递荷载)作用的主要物体称为建筑结构,组成建筑结构的基本部件称为构件。根据构件的几何特征,可以将各式各样的构件总结为以下四类。

杆 杆的几何特征是细而长,即长度 l 大于宽度 b 和高度 h (或 d)。杆又可分为直杆和曲杆,如图 0-5 所示。

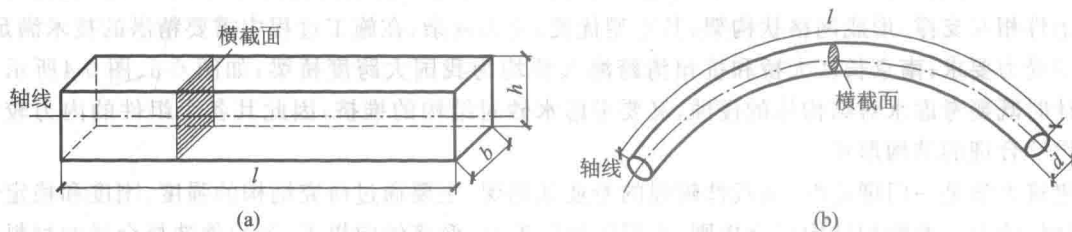


图 0-5

(a) 直杆; (b) 曲杆

板和壳 板和壳的几何特征为宽和薄,即厚度 t 远小于构件的长度 l 和宽度 b ,平面形状的称为板,曲面形状的称为壳,如图 0-6 所示。

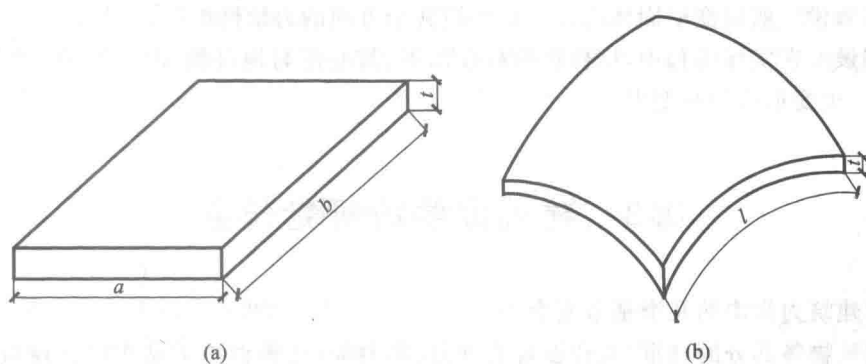


图 0-6

(a)板;(b)壳

块体 块体的几何特征为三个方向的尺寸是同量级大小的,如图 0-7 所示。

薄壁杆 薄壁杆的几何特征是长、宽、厚三个方向尺寸相差悬殊,如图 0-8 所示的槽形钢即为薄壁杆。

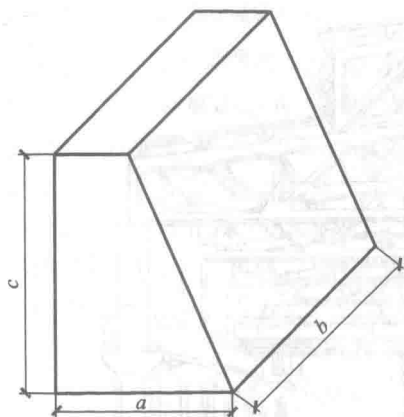


图 0-7

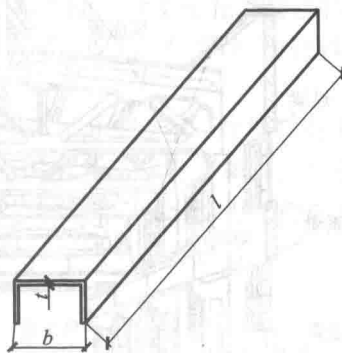


图 0-8

由杆件组成的结构称为杆系结构。杆系结构是建筑工程中应用最广泛的一种结构。建筑力学主要研究杆件和杆系结构的力学性能。

组成杆系结构的杆件均由固体材料制成,如钢、木、混凝土等,在外力作用下,固体会产生一定变形。在外力作用下,发生变形的固体称为变形固体。变形固体在外力作用下产生两种不同性质的变形:一种是弹性变形,即外力消除时变形随之消除;另一种为塑性变形,即外力消除后变形不能消失。一般情况下,物体同时具备这两种变形,但工程中常用的材料,在外力不超过一定范围时,塑性变形较小,可以忽略不计,因此可将其简化为弹性变形。

可变形固体的性质是复杂的,为了突出研究问题的主要影响因素,略去次要影响因素,以便建立合理的适用的分析理论,必须对可变形固体材料的性质提出简化(或称为假设)。

连续性假设 假设变形固体是由相同介质组成的密实体。在此假设条件下,可在受力构件内任意一点处取一体积单元来研究。同时,可以引入无限小概念,进行极限、积分、微分的运算。

均匀性假设 假设变形固体内任一点处取出的体积单元,其力学性质(主要是弹性性质)都是一样的。

各向同性假设 假设变形固体内任一点处沿各个方向的力学性能均相同。

小变形假设 在实际工程中,构件在荷载作用下,其变形与构件的原尺寸相比通常较小,可以忽略不计,这一类变形称为小变形。

0.2 建筑力学的研究任务

下面介绍建筑力学中的几个基本概念。

荷载 建筑物各部分的自重、人和设备的重力、风力等,这些直接主动作用在建筑物上的外力统称为荷载。

结构 在建筑物中承受和传递荷载而起骨架作用的部分或体系称为结构。

构件 组成结构的每一个部件称为构件。一个单层工业厂房承重骨架由屋面板、屋架、吊车梁、柱子及基础等构件组成,每一个构件都起承受和传递荷载的作用,例如室内吊车荷载通过吊车梁传递给柱子,柱子将其受到的荷载传给基础,最后传至地基,如图 0-9 所示。

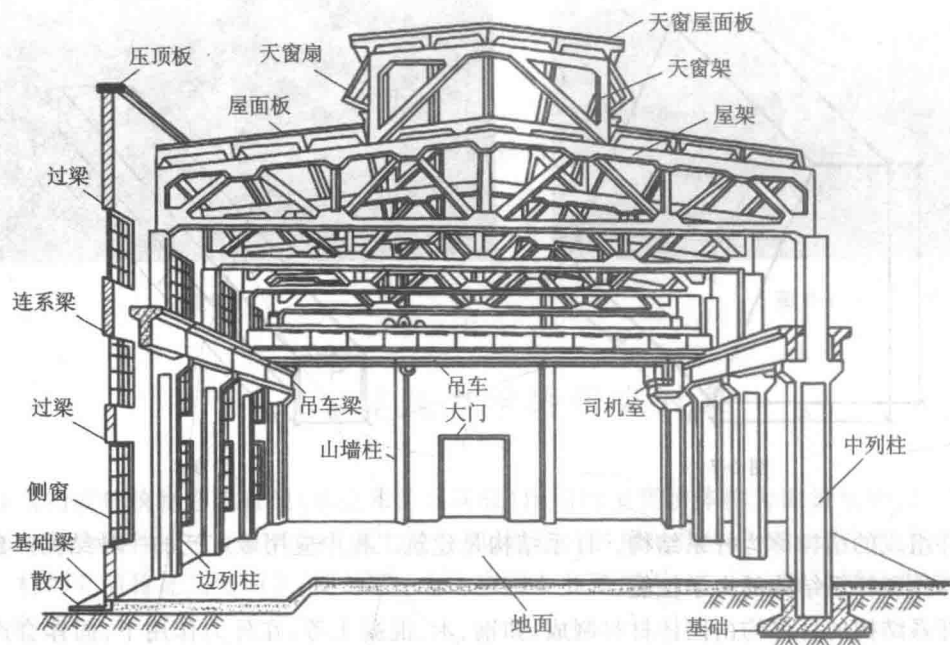


图 0-9

平衡状态 建筑结构体的结构及组成结构的各构件都相对于地面保持静止状态,这种状态在工程上称为平衡状态。

强度 材料抵抗破坏的能力,如抗拉强度、抗弯强度等。

刚度 材料在受力时抵抗弹性变形的能力,是表征材料弹性变形难易程度的参数。

构件稳定性 构件在外力作用下,保持原有平衡状态的能力,以保证在规定的使用条件下,不会产生失稳破坏现象。影响构件稳定性的因素包括构件的长度、截面形状、尺寸及锚固方式等。

构件的承载能力 构件的强度、刚度和稳定性统称为构件的承载能力。其大小与构件的材料组成、截面的几何尺寸及形状、受力性质、受力环境等因素有关。在结构设计中,如果把构件截面设计得过小,构件会因为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,其能承受的荷载远大于所受荷载,则会造成材料、财力的浪费。

建筑力学的主要任务是研究构件(或结构)的受力情况和构件(或结构)的承载能力,以保证建筑结构的安全性和经济性。

0.3 建筑力学的研究内容

建筑力学基于建筑工程实际问题,从受力分析、力系简化方法到平面体系几何组成分析、静定和超静定结构受力分析,给出构件处于平衡状态的条件、内外力之间的关系及静定、超静定结构的解法,内容主要包括静力学、材料力学、结构力学,重点介绍了力学基础、杆件承载能力及结构受力分析三大方面内容。

力学基础 在正常情况下,建筑结构或构件处于平衡状态,这就要求作用在建筑结构或构件上的力满足使物体保持平衡状态的条件,因此,利用平衡条件可以确定作用力的大小和方向,解决各构件及其之间的作用力问题。例如,构件在平衡状态下,其某一截面上的内力与作用在该截面一侧局部杆件上的外力相平衡;在荷载无突变的一段杆的各截面上内力按相同的规律变化,同时杆件各截面上内力随外力的变化而变化。

杆件承载能力 杆件在外力作用下发生变形,其应力状态也随之发生变化,因此研究杆件在外力作用下变形、内力分布及应力分布规律,分析构件的强度、刚度和稳定性条件,为材料类型、截面形状、尺寸及承载能力的选择和计算提供依据。

结构受力分析 在分析杆件承载能力基础上讨论杆件体系的承载能力,首先研究平面杆件结构的几何组成规律,保证各个部分不会发生相对运动,并在外力作用下保持平衡。然后研究分析不同形式的杆件体系的内力和变形情况,为工程设计提供分析方法和计算公式,为结构的承载能力计算打下基础。结构的受力分析包括静定结构受力分析和超静定结构受力分析。

0.4 建筑力学与其他课程的关系及学习意义

建筑力学是研究建筑结构的力学计算理论和方法的一门学科,涉及高等数学、物理学等课程的一些知识,在学习过程中应该根据需要对相关内容进行复习,并在运用中得到巩固和提高,是建筑结构、建筑施工技术、地基与基础等课程的基础。作为结构设计人员,必须掌握建筑力学知识,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,必须掌握建筑力学知识,求解构件受力大小、传递途径及破坏条件,才能理解设计者的意图和要求,保证工程质量,避免事故发生,更好地制定安全防护措施。

0.5 建筑力学学习方法

我国现代著名学者胡适曾说:“凡是有大成功的人,都是绝顶聪明而肯作笨功夫的人。”这说明学习知识要善于摄取,勤于积累。积累的知识要及时梳理,寻出脉络,使之条理化;要瞻前顾后,左右联系,使之融会贯通。建筑力学涉及多个基础力学学科和建筑工程专业课程,学习本课程要坚持“取、悟、用”的思路,吸取新知识,领悟内在含义,举一反三,使新知识变成自己的知识。学习要获得

会学、善问、会用的能力。

①会学。

人们常说:“学习要先把书读厚了,然后把书读薄了。”其内在含义是在前期知识积累的基础上,要学会提升,锻炼形成四种能力:概括能力,将每一章的内容概括成通俗易懂的要点;简化能力,合理简化,分清主次,选取结构计算简图是学习建筑力学的基本功;提纲挈领能力,本书有许多章、节、知识点,这些是“目”,要抓住指导全书的基本思路,贯穿全书的主线,即书中的“纲”,这样才能有目有纲,纲举目张;弃形取神能力,学习要培养由个别到一般、具体到抽象、现象到规律、温故到创新的意识和能力。

②善问。

学习过程中一定会遇到很多问题,要敢于发问、追问,重要的问题要层层剥开,把核心问题解决了。学习时要勤于思考,善于思考,为自己开辟思考的空间,问老师、问别人、问自己,既要会提问,又要解问题。

③会用。

习题是工程计算学科学习的重要环节,只有做一定数量的习题,才能深入理解基本概念和方法,但是做题也要避免各种盲目性。例如,一味埋头做题,不看书,不复习,是一种盲目性,应当在理解的基础上做题,通过做题来巩固和加深理解;贪多求快,不求甚解,是一种盲目性,要一题多方法求解;做错了题不改正,不从中吸取教训,是一种盲目性,应当改正错题,摆正心态,从中吸取教训。运用所学知识解答科学问题是将理论知识落到实处的过程。

建筑力学是一门工程应用性较强的基础力学,学习本课程不仅要持有上述的学习态度,还应具备以下具体的学习方法。

①建筑力学系统性较强,各部分知识点联系紧密,学习过程中要循序渐进,及时解决不清楚的问题,以免在后续的学习中失去信心。

②课前预习,上课要听、写、记并用,认真听老师如何引出概念,如何推导理论,如何提出问题、分析问题和解决问题,随时记录听课过程中的重点、难点。这样才能深入体会和理解基本概念、基本理论和基本方法,不能满足于背公式、记结论。重点学会如何从建筑力学的角度去提出问题、提出分析问题的思路和给出解决问题的方法。

③课后应及时整理笔记和复习,加深对所学内容的理解。在复习理解的基础上,再做一定量的练习。要在理解概念和掌握公式的基础上多做习题,运用基本理论来解决一些实际问题,切忌死记硬背。

④学完一章或一篇后,要将主要内容进行归纳和总结,对新概念、新理论多问、善问“为什么”,弄清新旧知识之间的区别和联系,这样才能将书本上的知识变成自己的知识。

⑤建筑力学的知识源于实际,因此也必须运用于实际。学习本课程必须联系实际,要善于发现周围的力学现象,并学会用力学基本知识去解释这些现象。在力学的实际应用中学会创新,提高自己分析问题与解决问题的能力。

思考题

- 0-1 简述建筑力学的概念。
- 0-2 建筑力学的研究任务和研究对象是什么?
- 0-3 什么是构件、构件稳定性和承载能力?
- 0-4 建筑力学的研究内容包括哪些?
- 0-5 怎样学习建筑力学?

1 静力学基本概念和物体的受力分析



本章导读

静力学研究作用于物体上力系的平衡。本章将介绍静力学的基本概念和静力学公理,并讨论工程中常见的约束类型及约束反力的分析,研究物体及物体系统的受力分析方法以及受力图的画法。



5 分钟

看完本章

1.1 静力学的基本概念

平衡是物体机械运动的一种特殊状态。在静力学中,若物体相对于惯性参考系(如地面)保持静止或作匀速直线运动,则称物体处于平衡。静力学的基本概念、公理及物体的受力分析是研究静力学的基础。

1.1.1 刚体

刚体是静力学所研究的主要对象。刚体是指在力的作用下其内部任意两点之间的距离保持不变的物体,或者说在力的作用下其大小和形状均不改变的物体。显然,任何物体在力的作用下,都会发生或多或少的变形。但是,有许多物体,如机器和工程结构的构件,在受力后所产生的变形很小,在研究力对物体的平衡问题时,其影响很小,可以忽略不计。这样就可以把物体视为不变形的刚体,使问题的研究得到简化。因此,刚体是一个经过简化和抽象后的理想模型。

需要指出的是,不能把刚体的概念绝对化,是否可以把物体抽象为刚体与所研究的问题的性质有关。若所研究的物体产生变形,而且变形是主要因素,就不能把物体视为刚体,而应视为变形体来分析。例如,在计算工程结构的位移时,就常常要考虑各种因素所引起的变形。

1.1.2 力的概念

人类对力的认识是生活和生产实践中产生的。经过长期实践,从感性到理性,人们逐渐建立了力的概念。力是物体间的相互机械作用,这种作用使物体的

机械运动状态发生变化,或使物体产生变形。从力的概念可知,力的效应分为两种:一是使物体的机械运动状态发生变化,这种效应称为力的运动效应或者外效应;二是使物体产生变形,这种效应称为力的变形效应或内效应。对于不变形的刚体而言,力只改变其机械运动状态。在静力学范畴内,只研究力的外效应。

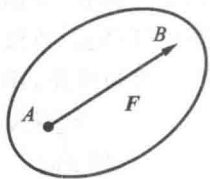


图 1-1

力的大小、方向、作用点称为力的三要素。实践表明,力对物体的作用效应,完全取决于这 3 个要素,若改变这 3 个要素中的任意 1 个,都会改变力对物体的作用效应。力是一个既有大小又有方向的量,可以用矢量 F 表示,如图 1-1 所示。线段的长度(按选定的比例)表示力的大小,线段的方位和箭头表示力的方向,线段的起点或终点表示力的作用点。通过力的作用点并沿着力的方位的直线,称为力的作用线。

在国际单位制(SI)中,力的单位用牛顿(N)或千牛顿(kN)表示。在工程单位制中,力的单位常用千克力(kgf)或吨力(tf)表示。两者的换算关系为:

$$1\text{kgf}=9.8\text{N}$$

1.1.3 力的分类

通常将作用在物体上的力分为两类,即主动力和被动力(约束反力)。使物体运动状态发生改变或使物体有运动趋势的力称为主动力,如重力、风压力、水压力、土压力等。在工程中,通常把作用在结构上的主动力称为荷载或载荷(结构工程中一般称为荷载,机械工程中一般称为载荷)。

按分布情况,力可以分为集中力和分布力。力实际上作用在一定的面积上,但是,当作用面积相对于物体很小时,可近似认为力作用在一个点上。作用于一点的力,称为集中力或集中荷载。例如,汽车轮胎作用在桥面上的压力,轮胎与桥面的接触面积较小,就可以视为集中荷载,如图 1-2 所示。若力的作用面积较大,则称为分布力或分布荷载。例如,建筑物承受的风压力、水工大坝迎水面承受的水压力、挡土墙承受的土压力等,都属于分布力。当荷载连续作用于整个物体的体积上时,称为体力或体荷载,如物体在重力场中所受到的重力、具有加速度的物体受到的惯性力等。当荷载连续作用于物体的某一表面积上时,称为面力或面荷载,如风、雪、水等对工程构筑物的压力等。当物体所受的力是沿着一条线连续分布且相互平行的力系,称为线力或线荷载。例如,梁的自重可以简化为沿梁的轴线分布的线荷载,如图 1-3 所示。单位长度上所受的力,称为分布力在该处的荷载集度,通常用 q 表示。体荷载的荷载集度单位为 N/m^3 或 kN/m^3 。面荷载的荷载集度单位为 N/m^2 或 kN/m^2 。线荷载的荷载集度单位为 N/m 或 kN/m 。若荷载集度 q 为常数,则称该分布力为均布荷载,否则称为非均布荷载。

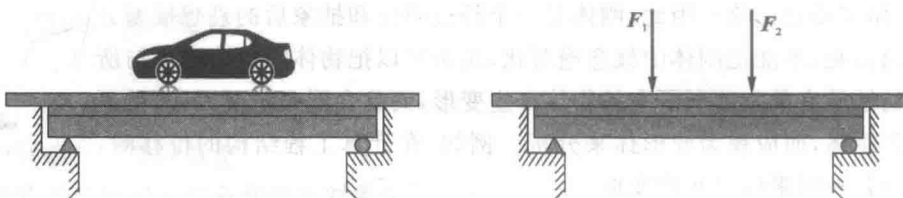


图 1-2

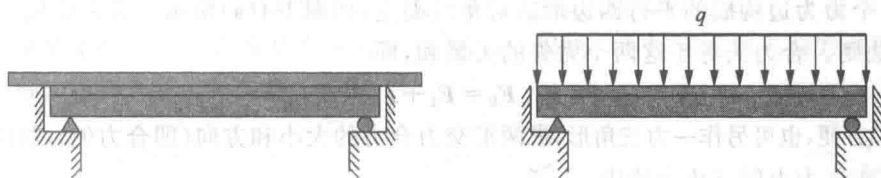


图 1-3

1.1.4 力系

作用在物体上的一群力称为力系。两个力系对同一物体产生的运动效应相同,则称这两个力系互为等效力系。在不改变作用效果的前提下,用一个简单力系代替复杂力系的过程,称为力系的简化或力系的合成。若一个力与一个力系等效,则称此力为该力系的合力,而称力系中的各个力为其合力的分力。合力对物体的作用效果等效于所有分力的作用效果。若作用在物体上的力系使物体处于平衡状态,则称该力系为平衡力系。要使物体处于平衡状态,就必须使作用在物体上的力系满足一定的条件,这些条件称为力系的平衡条件。物体在各种力系作用下的平衡条件在建筑结构、道路桥梁以及机械工程中有着广泛的应用。

1.1.5 力学模型与力学简图

对任何实际问题进行力学分析、计算时,都要将实际问题抽象成为力学模型,然后对力学模型进行分析、计算。任何力学计算实际上都是针对力学模型进行的。例如,说某些人对这座桥梁进行了力学计算,实际上是指他们对这座桥梁的力学模型进行了计算。显然,将实际问题转化为力学模型是进行力学计算所必需的、重要的、关键的一环,它将直接影响计算过程和计算结果。

在建立力学模型时,要抓住关键、本质的方面,忽略次要的方面。实际问题简化为力学模型,要在多方面进行抽象化处理。这些方面包括:实际材料不可能是完全均匀的,在静力学中常假设材料是均匀的;实际物体受力后总会有变形,在静力学中将物体都看作刚体;实际问题中物体都是三维的,其受力也常为三维的,但当其中某一方向并不重要或可忽略时,可以将其简化为二维问题来处理;实际物体的几何形状可能极复杂,在静力学中常将它们简化为圆柱、圆盘、板、杆或它们的组合等简单的几何形状。物体受到的力可能不是作用于一个几何点上,但当作用面积很小时,可以将其简化为集中力;若分布面积较大,则按分布力处理。上面介绍的仅仅是静力学中建立力学模型常遇到的情况。在力学的其他领域中,建立力学模型常常更复杂。

将实际问题化为力学模型的过程为力学建模。静力学中将物体视为刚体,因此其力学模型可以用简图来表达,这类简图称为力学简图。

1.2 静力学的基本公理

公理是人们在生活和生产实践中长期积累的经验总结,又经过实践检验,被确认是符合客观实际的最普遍、最一般的规律。静力学公理阐述了力的一些基本性质,是研究力系简化和平衡条件的理论基础。

公理 1 力的平行四边形法则

作用在物体上同一点的两个力,可以合成一个合力。合力作用点也在该点,合力的大小和方