

国家改革和发展示范学校建设项目

课程改革实践教材

全国土木类专业实用型规划教材

建筑力学

JIANZHU LIXUE

主编 胡 可 郭 靖 胡佳星



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

国家改革和发展示范学校建设项目

课程改革实践教材

全国土木类专业实用型规划教材

建筑力学

JIANZHU LIXUE

主 编 胡 可 郭 靖 胡佳星

副主编 刘仙仙 闫广柱 李海婷



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了建筑力学的知识体系,注重分析问题与解决问题能力的培养,使读者能按项目深入地学习并掌握建筑力学的知识体系。在基本理论介绍的基础上,以工作任务为载体,以职业资格考核为引领,安排了职业能力训练部分。本书共分6个项目,即力和受力图、平面力系的平衡、直杆轴向拉伸与压缩、直梁弯曲、受压构件的稳定性、工程中常见结构简介。

本书可作为各级职业教育土木、水利施工类专业及相关专业的教材,也可作为工程技术人员岗位培训用书,同时本书也对从事建筑行业的相关人员具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/胡可,郭靖,胡佳星主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2015.3

全国土木类专业实用型规划教材

ISBN 978-7-5603-5171-1

I. ①建… II. ①胡… ②郭… ③胡… III. ①建筑力学-高等学校-教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 311727 号

责任编辑 张 瑞

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本 850mm×1168mm 1/16 印张 13 字数 390 千字

版 次 2015年3月第1版 2015年3月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-5171-1

定 价 32.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

PREFACE

前

言

建筑力学是建筑教育过程中一门非常重要的基础课。建筑力学的课程知识,不仅是日后学习建筑类专业知识、专业技能的基础,同时也对日后从事建筑领域岗位工作有所帮助。因此,要成为建筑领域技能型、复合型人才,学习并掌握建筑力学的课程知识是非常必要的。

建筑力学知识体系的掌握是衡量结构设计能力的关键环节,也是判断建筑施工技能的重要依据,对于能否适应结构设计及建筑施工的职业岗位工作起到了至关重要的作用。作为建筑工程的工程技术人员,相应的工作任务及职业对建筑力学相关知识的要求如下:

①力和受力图。了解力的基本知识,掌握静力学公理,能对工程中常用的基本构件的约束进行简化,能绘出简单物体系统的受力图。

②平面力系的平衡。了解力矩、力偶的概念及性质,掌握力投影的计算方法,能运用平衡方程计算工程常见的、简单的平衡问题。

③直杆轴向拉伸与压缩。了解内力、应力的概念及计算方法,能用强度条件进行构件的截面设计和确定许用荷载,了解胡克定律。

④直梁弯曲。认识梁的形式,了解梁的内力,能绘制梁的剪力图与弯矩图,能用强度条件进行强度校核、截面设计及确定许用荷载,了解挠度的概念。

⑤受压构件的稳定性。了解受压构件平衡状态的3种情况,能运用临界力公式分析影响受压构件稳定性的因素,了解提高受压构件稳定性的措施。

⑥工程中常见结构简介。掌握平面结构几何组成分析的方法,了解静定多跨梁、刚架、三铰拱、桁架的内力计算方法,了解超静定梁、刚架的内力分布情况。

本书特色

1. 适应岗位,强化技能

本书以岗位工作需要为核心,以学生能力培养、技能实训为目标,力求做到岗位工作内容与教材内容有机结合,教材按教育部和建设部有关职业教育人才培养要求进行编写,强化技能培养,内容翔实,示例丰富,既有完整系统的理论知识,又有实用的技能训练。

2. 项目驱动,工学融合

本书以项目化教学方式组织教材内容的编写,将岗位工作任务划分为若干项目,按建筑岗位工作的需要,本着必需、够用的原则,系统全面地介绍建筑力学的知识体系,强化工学融合,注重培养岗位工作能力,使学生能成为社会真正需要的技能型、复合型技术人才。

3. 就业为本, 素质教育

本书以引领就业为宗旨, 努力倡导与执业资格考核要求相呼应的素质教育。为此, 在教材编写中, 完善了针对职业技能素质的基础同步及实训提升部分, 满足学生为考取建筑五大员、注册建造师等执业资格证书对建筑力学知识体系应用能力的考核需求。

本书内容

本书全面、系统地介绍了建筑力学的知识体系, 注重分析问题与解决问题能力的培养, 使读者能按项目深入地学习并掌握建筑力学的知识体系。在基本理论介绍的基础上, 以工作任务为载体, 以职业资格考核为引领, 安排了职业能力训练部分。教材的知识结构如下:

【项目 1】介绍力的基本知识、刚体静力学公理、荷载的分类和简化、约束与约束反力、受力分析与受力图, 通过工程案例介绍简单物体系统受力图的绘制方法。

【项目 2】介绍力矩、力偶的相关知识, 介绍力投影的计算方法, 以常见的平面汇交力系、平面一般力系的工程案例为基础, 介绍计算简单体系平衡问题的方法。

【项目 3】介绍直杆轴向拉、压问题中横截面上的内力及正应力的概念, 介绍许用应力、胡克定律的相关知识, 通过工程案例介绍截面设计和确定许用荷载的方法。

【项目 4】介绍梁的形式、梁的内力及内力图, 介绍梁的变形、梁的正应力及强度条件, 通过工程案例介绍截面设计和确定许用荷载的方法, 介绍挠度的计算方法。

【项目 5】介绍受压构件平衡状态的 3 种情况, 分析影响受压构件稳定性的因素, 通过工程案例分析受压构件失稳因素, 确定提高受压构件稳定性的措施。

【项目 6】介绍平面结构的几何组成分析, 工程中常见的静定结构及超静定结构, 通过工程案例介绍常见的静定结构、超静定结构的内力计算方法, 了解相应的受力特征。

本书应用

本书语言简练、内容完整、实用性强、示例丰富、特点明显, 可作为职业教育土木、水利施工类专业及相关专业课程的教学教材, 也可作为工程技术人员岗位培训用书, 同时本书也对从事建筑行业的相关人员具有一定的参考价值。

整体课时分配

序号	教学内容	建议课时		
		理论	案例	习题
项目 1	力和受力图	3	6	3
项目 2	平面力系的平衡	4	8	4
项目 3	直杆轴向拉伸与压缩	2.5	5	2.5
项目 4	直梁弯曲	4.5	9	4.5
项目 5	受压构件的稳定性	1.5	3	1.5
项目 6	工程中常见结构简介	2.5	5	2.5

本书在编写过程中, 参考了相关的资料文献, 在此对各位资料文献的作者表示感谢。

由于编者水平有限, 书中不妥之处在所难免, 恳请专家和广大读者多提宝贵意见, 以便在今后的工作中改进和完善。

编 者

目 录

CONTENTS

绪 论

004 基础同步

项目 1 力和受力图

005 项目目标

005 课时建议

006 1.1 静力学基础知识

008 1.2 荷载的分类及简化

009 1.3 约束与约束反力

012 1.4 受力分析与受力图

016 基础同步

016 实训提升

项目 2 平面力系的平衡

018 项目目标

018 课时建议

019 2.1 平面汇交力系

025 2.2 平面力偶系

030 2.3 平面一般力系

040 基础同步

041 实训提升

项目 3 直杆轴向拉伸与压缩

047 项目目标

047 课时建议

048 3.1 弹性变形体基本概念

052 3.2 拉—压杆的内力与内力图

057 3.3 拉—压杆的变形及计算

063 3.4 拉—压杆的强度设计问题

066 3.5 剪切与挤压的设计计算

070 基础同步

071 实训提升

项目 4 直梁弯曲

075 项目目标

075 课时建议

076 4.1 梁平面弯曲的概念

078 4.2 梁的内力——剪力与弯矩

089 4.3 梁的弯曲应力

101 4.4 梁的变形

102 4.5 斜弯曲梁

105 基础同步

105 实训提升

项目5 受压构件的稳定性

110	项目目标
110	课时建议
111	5.1 压杆稳定的工程概念
113	5.2 细长压杆临界力的欧拉公式
116	5.3 压杆临界力的计算
119	5.4 压杆稳定的工程计算
122	基础同步
123	实训提升

项目6 工程中常见结构简介

125	项目目标
125	课时建议
126	6.1 平面结构的几何组成分析
134	6.2 静定结构简介
159	6.3 超静定结构求解方法简介
181	基础同步
182	实训提升
188	附 录
202	参考文献

绪 论

建筑工程中各类建筑物或构筑物,如房屋、水坝、粮仓、桥梁等,都是按照一定的使用功能要求设计和建造的。为达到预期的功能要求,建筑物必须承担来自外界及自身内部各种力的作用,建筑结构必须通过力学分析计算才能保障建筑物的坚固和使用安全。建筑力学就是研究建筑物在力的作用下的各种工作状况的科学,是工程的设计和施工的基础学科。

1. 建筑力学研究对象

建筑物在建造和使用过程中受到各种力的作用,比如自重、风、雪、地震等,工程上常把这些作用在建筑物上的外力称为荷载(有的也称为载荷)。作用在建筑物上的荷载是多种多样的,详见本书 1.2.1 小节中荷载的概念及分类。

建筑物中能够承受和传递荷载、支撑建筑物的骨架部分称为结构。如图 0.1 所示为单层工业厂房结构。在荷载作用下,结构必须保持其几何形状和位置不发生明显的改变。组成结构的基本单元称为构件,如梁、板、柱等。图 0.1 所示的工业厂房结构就是由屋面板、屋架、吊车梁、柱子、基础等构件组成的一个整体结构。

工程中的结构分类方法有很多,一般按几何尺度特征可以划分为 3 种类型。

(1)杆系结构。杆系结构是由内部若干杆件通过一定形式连接组成的承载体系。杆件的几何尺度特征是截面宽度和高度均远小于杆件的长度。如图 0.1 所示的厂房结构就属于杆系结构。

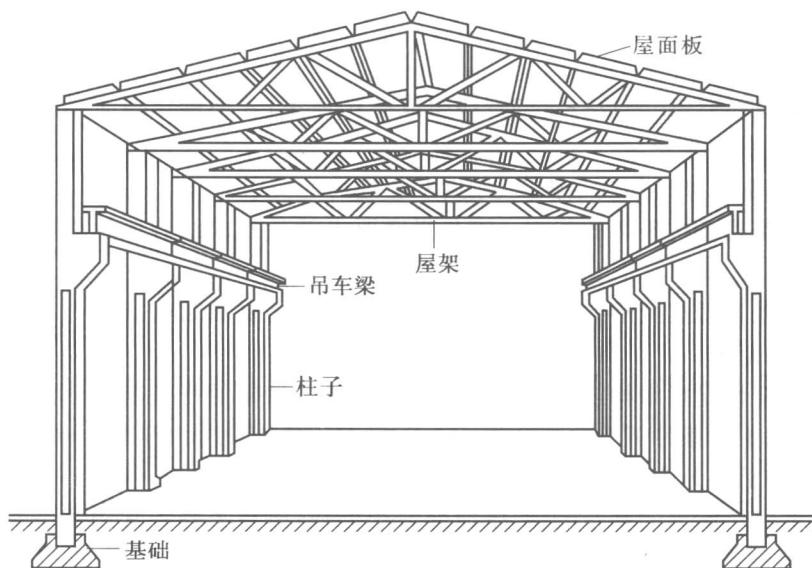


图 0.1 单层工业厂房结构

(2)薄壁结构。薄壁结构是由薄壳或薄板等构件组成的承载结构。薄壳或薄板的几何特征是其厚度远小于其他两个方向的几何尺寸。如图 0.2 所示的拱壳就属于薄壁结构。

(3)实体结构。实体结构三个方向的几何尺寸相差不大,基本在同一数量级。如图 0.3 所示的水坝块体就属于实体结构。

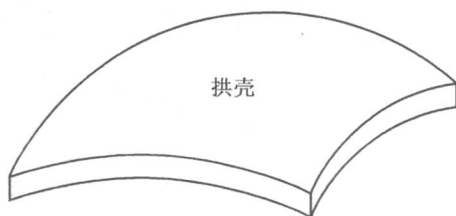


图 0.2 拱壳

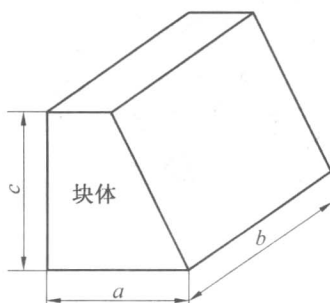
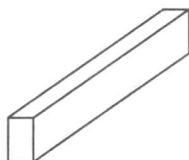


图 0.3 水坝块体

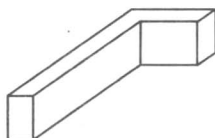
工程中的实际结构以杆系结构为主,杆系结构中的杆件轴线多为直线,也有曲线或折线,分别称为直杆、曲杆和折杆,如图 0.4 所示。横截面相同的杆件称为等截面杆,横截面不同的杆件称为变截面杆。我们把等截面的直杆称为等直杆,等直杆是建筑力学研究的主要杆件形式。



(a) 直杆



(b) 曲杆



(c) 折杆

图 0.4 直杆、曲杆和折杆

实际的建筑结构可以是一根梁、一根柱,也可以是由若干个构件按一定的规则组成的结构构件体系。建筑力学的主要研究对象就是组成结构的构件和结构体系在力的作用下的性能,为达到预期使用功能和安全要求服务。

2. 建筑力学研究任务

作为建筑结构中的构件必须按一定的规律组成结构体系,才能确保适于承受荷载并且在荷载作用下结构的几何形状不发生改变。

建筑结构能够正常工作必须满足强度、刚度和稳定性的要求。

(1)强度。强度是指抵抗破坏的能力。满足强度要求就是要求结构或构件在正常的工作条件下不发生破坏。

(2)刚度。刚度是指抵抗变形的能力。满足刚度要求就是要求结构或构件在正常工作条件下发生的变形不超过允许的范围。

(3)稳定性。稳定性是指结构或构件以原有的形状保持稳定的平衡状态。满足稳定性要求就是要求结构或构件在正常工作条件下不突然改变原有形状、不因发生过大变形而导致破坏。

本书在内容安排上共分为 6 个教学项目:

(1)力和受力图。了解力的基本知识,掌握静力学公理,能对工程中常用的基本构件的约束进行简化,能绘出简单物体系统的受力图。

(2)平面力系的平衡。了解力矩、力偶的概念及性质,掌握力投影的计算方法,能运用平衡方程计算工程中常见的、简单的平衡问题。

(3)直杆轴向拉伸与压缩。了解内力、应力的概念及计算方法,能用强度条件进行构件的截面设计和确定许用荷载,了解胡克定律。

(4)直梁弯曲。认识梁的形式,了解梁的内力,能绘制梁的剪力图与弯矩图,能用强度条件进行强度校核、截面设计及确定许用荷载,了解挠度的概念。

(5)受压构件的稳定性。了解受压构件平衡状态的3种情况,能运用临界力公式分析影响受压构件稳定性的因素,了解提高受压构件稳定性的措施。

(6)工程中常见结构简介。掌握平面结构几何组成分析的方法,了解静定多跨梁、刚架、三铰拱、桁架的内力计算方法,了解超静定梁、刚架的内力分布情况。

综上所述,建筑力学的任务是研究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。

3. 建筑力学研究方法

力学是一门古老的技术学科。建筑力学是建筑工程技术的理论基础,是在实践中被人们认识并逐步总结得到的理论知识,又广泛应用于建筑工程的设计和建造中,得到了不断的发展。

观察和实验是力学研究的重要方法和手段。建筑力学的研究离不开基本模型的建立,建筑力学的研究是建立在理想变形固体的模型假设基础上的。

建筑结构中的构件都是由固体材料制成的,如钢材、木材、砖、石、混凝土等,这些材料在外力作用下会发生变形(包括尺寸和形状上的改变),都称为变形固体。

变形一般分为两类:弹性变形和塑性变形。当荷载不超过一定的范围时,变形随着荷载的撤除而消失,物体恢复原有形状,这部分变形称为弹性变形;当荷载超过某一范围后,撤除荷载后变形不能完全恢复,仍残留一部分不能恢复的变形,这部分变形称为塑性变形。实际工程中多数结构只允许出现弹性变形,也有部分结构允许出现塑性变形。本书主要研究弹性变形范围内的问题。

理想变形固体是建筑力学研究常用的基本模型,它是将一般变形固体材料加以理想化,并做出如下假设:

(1)连续性假设。认为物体的材料构成是密实的,物体内材料是无空隙地连续分布。故可以对结构建立连续的数学函数方程进行分析处理。

(2)均匀性假设。认为材料各部分的力学性质是均匀一致的,这样从物体上任取或大或小的一部分,材料力学性质均相同,便于结构的实验分析和结构推断。

(3)各向同性假设。认为材料的力学性质是各向同性的,材料沿不同方向具有相同的力学性质。有些材料沿不同方向的力学性质是不同的(比如木材),称为各向异性材料。本书中主要研究各向同性材料。

按照连续、均匀、各向同性假设而理想化了的变形固体称为理想变形固体。采用这种力学模型使理论分析和计算问题大大简化,同时精度又能满足工程要求。

建筑力学离不开交叉学科的发展,计算机技术在建筑力学的研究和发展过程中得到了广泛应用。

4. 建筑力学学习方法

建筑力学是一门土木建筑工程类专业的重要专业技术基础课程。力学知识掌握的优劣将直接影响到后续课程的学习效果。因此,学习方法很重要,在学习要多注意以下问题:

(1)明确学习的意义。建筑力学是研究建筑结构的力学计算理论和方法的一门科学,是建筑结构、建筑施工技术、地基基础工程的学习基础。作为结构设计人员只有掌握建筑力学知识,才能正确对结构进行受力分析和计算,做到工程结构既安全可靠又经济合理;作为施工技术和管理人员只有掌握建筑力学知识,才能正确理解设计意图,合理分析结构构件的受力状况,制定出合理可行、确保施工安全的技术措施。

(2)重视观察和实验。建筑力学理论性较强、实践性突出,观察和实验是认识力学规律的重要实践环节,很多力学规律都是通过观察和实验得到的,学生通过实验观察并总结规律是理解力学概念和原理的最直接、最有效的方法。

(3)分清主次,抓住重点。很多工程问题在抽象为力学模型时常常要抓住主要因素,并在精度允许的情况下忽略次要因素,建立起工程上所需的计算简图和力学公式,从而使问题分析和计算得到简化。

(4)弄清概念,多加练习。建筑力学的所有公理、公式、方程都是建立在一定的力学原理和概念的基础上的,初学者必须深刻地理解力学的基本原理和概念,才能灵活运用公式或方程去解决工程实际问题。多做习题、加强训练是必不可少的行之有效的办法。

(5)理清学习脉络,结合工程应用。学习过程中要先搞清楚:建筑力学研究的任务是什么?课程内容分哪些部分?如何去研究和学习?解决工程实际力学问题的步骤是什么?这样带着问题、循序渐进、一步步扎扎实实地结合具体工程应用去学习,会收到意想不到的效果。

5. 建筑力学与执业资格证书

目前我国已经实行执业资格证书制度,要求各种从事技术复杂及涉及国家财产、人民生命安全和消费者利益工种(职业)的劳动者,必须经过培训取得相应的执业资格证书才可以上岗就业。其中很多执业资格考试内容涵盖了建筑力学的知识,比如土木建筑工程施工领域、材料质量检测领域都要求对建筑材料的力学性能有充分的了解和认识。例如,材料物理性能检验工、架子工在考试过程中力学知识是一项必不可少的专业基础知识测试。

另外,我国国家相关部门还规定了执业资格注册考试制度,比如注册结构工程师、注册建造师、注册监理工程师等执业资格,其考试内容也涉及很多力学知识。

关于执业资格证书相关问题大家可以到人力资源和社会保障部、住房和城乡建设部等相关网站进一步了解。

基础同步

1. 填空题

建筑物的荷载是由_____来承担的,结构的基本组成单元是_____,按几何尺度可以把结构划分为_____,_____、_____ 3种基本类型。

2. 选择题

(1)截面面积相同、杆轴是直线,我们把这种杆称为()。

A. 直杆 B. 曲杆 C. 折杆

(2)截面宽度和高度均远小于杆件的长度,我们把这种结构称为()。

A. 杆系结构 B. 薄壁结构 C. 实体结构

(3)认为物体的材料构成是密实的,物体内部材料是无空隙地连续分布,称之为()。

A. 连续性假设 B. 均匀性假设 C. 各向同性假设

(4)满足()要求就是要求结构或构件在正常的工作条件下不发生破坏。

A. 稳定性 B. 强度 C. 刚度

(5)理想变形固体模型是基于()方面的基本假设。

A. 一 B. 二 C. 三

3. 简答题

(1)简述建筑力学的研究对象。

(2)简述建筑力学的研究任务。

(3)简述建筑力学的研究方法。

(4)简述建筑力学的学习方法。

(5)简述建筑力学与职业资格证书的关系。

项目1

力和受力图

项目 目标



【知识目标】

1. 理解力的概念、力的作用效应,了解力的三要素;
2. 了解静力学公理;
3. 了解约束与约束反力;
4. 了解隔离体与受力分析。

【技能目标】

1. 能对研究对象进行受力分析;
2. 能对研究对象的约束进行简化;
3. 能绘制简单体系的受力图。

【课时建议】

8~12 课时

1.1 静力学基础知识

本书介绍刚体、力的基本概念,重点学习刚体静力学公理,刚体静力学公理不仅对建立力学概念非常重要,也是进一步学习掌握力学分析方法的基础。

1.1.1 刚体的概念

在外力作用下,其大小和形状保持不变的力学研究对象称为刚体。

刚体是一个理想化的力学模型。实际上物体在受到外力作用时,都会引起内部的改变,从而引起物体形状的改变,即产生了变形,但是在许多情况下,这种变形相对于物体的外形尺寸来讲是很小的,因此,在力学分析时可以将其忽略不计,这样可使力学分析得到很大的简化。

在刚体静力学部分,将所有的研究对象均看作刚体。

1.1.2 力的概念

力是物体间的相互机械作用,这种作用会使物体的运动状态发生变化(外效应),或使物体的形状发生变形(内效应)。一般情况下力的计量单位为 kN。

力的概念是人们在长期的生产劳动和日常生活中逐步形成并建立的,这些力有的是通过物体间的直接接触产生的,例如机车牵引车厢的拉力、物体之间的压力等;有的是通过“场”对物体的作用而产生的,例如地球引力场对物体产生的重力等。虽然物体间相互作用力的来源和产生的物理本质不同,但它们对物体作用的结果都是使物体或运动状态发生改变或几何形状产生变形。

1.1.3 刚体静力学公理

刚体静力学公理是人们从长期的观察和实践中归纳总结的,又经过反复实践所检验的,证明是符合客观实际的普遍规律,它们是刚体静力学研究的基本依据。

1. 二力平衡公理

作用于同一刚体上的两个力,使刚体保持平衡的必要和充分条件是这两个力的大小相等、方向相反且作用在同一直线上。

受两个力作用处于平衡的构件称为二力构件,二力构件是建筑工程中常见的一种构件,如图 1.1 所示。

二力平衡公理对刚体而言既是必要条件,也是充分条件,而对于非刚体,这个条件虽然必要但不充分。例如,当柔体的绳索受到两个等值反向的拉力作用时可以平衡,但受到两个等值反向的压力作用时就不能平衡了。

2. 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任意力系中,增加或减少一个平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。

一个平衡力系作用在刚体上,对刚体的运动状态是没有影响的,但对于非刚体,这个平衡力系有可能使之形状发生改变,因此,加减平衡力系公理对于非刚体的研究对象是不适合的。

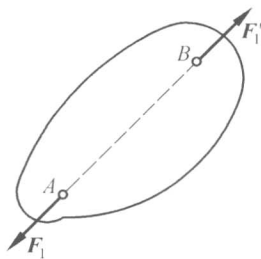


图 1.1 二力构件

推论(力的可传性原理):作用在刚体上的力可以沿其作用线移动到任意位置,而不改变力对刚体的作用效应,如图 1.2 所示。

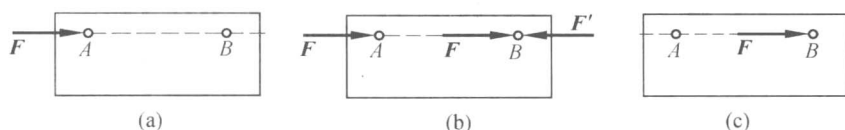


图 1.2 加减平衡力系的推论

3. 力的平行四边形法则

作用于刚体上同一点的两个力,可以合成为一个力。合力的作用点仍在该点,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 1.3(a)所示,其矢量表达式为

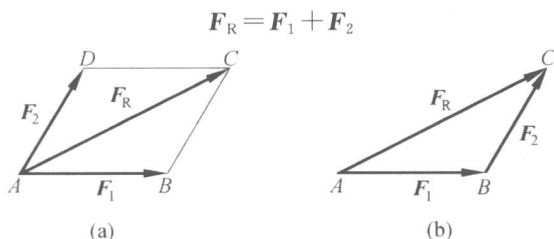


图 1.3 力的平行四边形

有时为了方便,可由 A 点作 F_1 ,再由 F_1 的末点作 F_2 ,则以 A 点为始点,所作的终点 C 为末点的矢量即为合力 F_R ,如图 1.3(b)所示。这种求合力的方法称为力的三角形法则。

推论(三力平衡汇交定理):刚体在三个力作用下处于平衡状态,若其中两个力的作用线汇交于一点,则第三个力的作用线也通过该汇交点,且此三力的作用线在同一平面内,如图 1.4 所示。

通过分析可以看出,三力平衡汇交定理给出的是不平行的三个力平衡的必要条件,而不是充分条件,就是说该定理的逆定理不一定成立。

4. 作用与反作用公理

两物体之间的作用力和反作用力总是同时存在,且两力的大小相等,方向相反,沿着同一条直线分别作用于这两个物体上。

这个公理概括了物体间相互作用的关系,如图 1.5 所示,物体 A 对物体 B 施加作用力 F ,同时物体 A 也受到物体 B 对它的反作用力 F' ,且这两个力大小相等,方向相反,沿同一条直线作用。

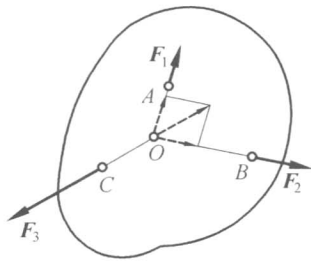


图 1.4 三力平衡汇交

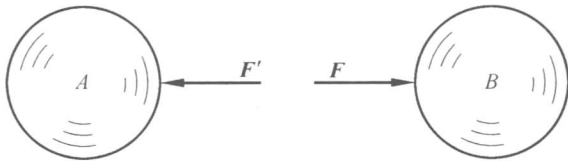


图 1.5 作用与反作用

5. 刚化原理

如果把在某一力系作用下处于平衡的变形体刚化为刚体,则该物体的平衡状态不会改变。

由此可知,作用于刚体上的力系必须满足的平衡条件,在变形体平衡时也同样必须遵守,但刚体的平衡条件是变形体平衡的必要条件,而非充分条件。

1.2 荷载的分类及简化

本节介绍荷载的基本概念,包括荷载的定义、荷载的分类及荷载的简化。抵抗荷载是建筑结构具有的主要性能,因此了解荷载对于建筑结构的力学分析是非常必要的。

1.2.1 荷载的概念及分类

可以认为荷载是主动作用于结构上的外力,例如结构的自重、风的压力、人群及设备和设施的自重等。实际工程中的荷载可按其具有不同的特征进行不同的分类。

1. 按作用位置是否随时间而发生变化划分

按作用位置是否随时间而发生变化划分为恒载和活载。

(1)恒载(或称固定荷载)。恒载是指其大小、方向和作用点都是固定不变的荷载。例如,结构的自重以及长期固定在结构上的设备和设施的自重等。

(2)活载(或称移动荷载)。活载是指临时作用在结构上的,其作用点的位置是移动的荷载。例如,行驶的车辆、活动的人群等。

2. 按作用方向和大小是否随时间而发生变化划分

按作用方向和大小是否随时间而发生变化划分为静力荷载和动力荷载。

(1)静力荷载。方向和大小不随时间而发生变化或变化极为缓慢的荷载称为静力荷载。静力荷载不会使结构产生显著的加速度,因而惯性力的影响可以忽略,例如,结构自重就是静力荷载。

(2)动力荷载。方向和大小随时间变化而发生变化的荷载称为动力荷载。在动力荷载作用下,结构产生加速度,必须考虑惯性力对研究对象的影响,例如,动力机械运转时产生的干扰就属于动力荷载。

1.2.2 工程中常见荷载的简化

对工程结构进行力学分析时,通常需要将研究对象所受的荷载予以简化,工程结构常见的荷载描述形式有体荷载、面荷载及集中力荷载。

1. 体荷载

以单位体积重为基本量描述的荷载通常称为体荷载。如图 1.6(a)所示为一矩形截面梁,截面宽度为 b ,截面高度为 h ,梁的单位体积重为常数 $\rho(\text{kN}/\text{m}^3)$,它的工程计算简图如图 1.6(b)所示,其中 q 称为线荷载集度(kN/m),并且有

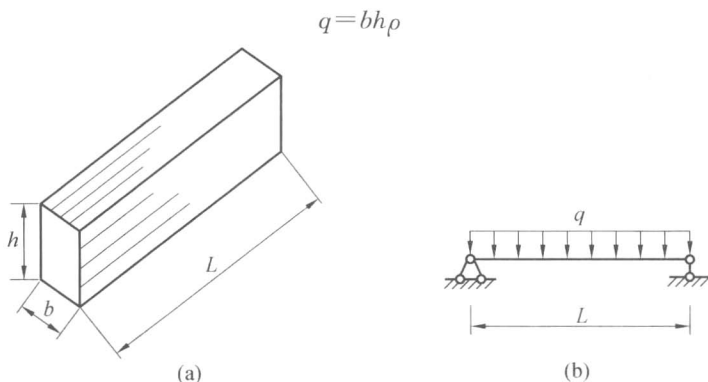


图 1.6 体荷载简化

2. 面荷载

以单位面积重为基本量描述的荷载通常称为面荷载。如图 1.7(a)所示为一均质平板,其中板的宽度为 b ,板的单位面积重为常数 $\gamma(\text{kN}/\text{m}^2)$,它的工程计算简图如图 1.7(b)所示,其中 q 称为线荷载集度(kN/m),并且有

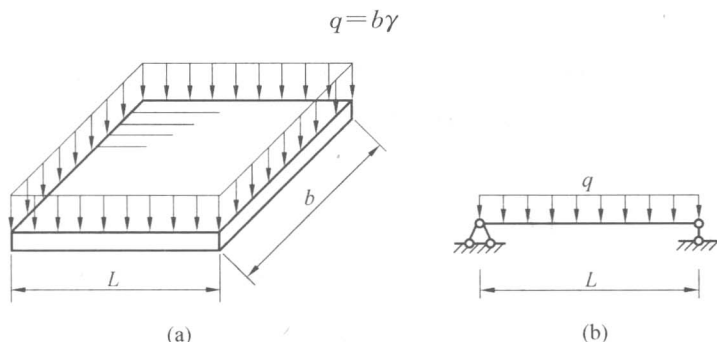


图 1.7 面荷载简化

3. 集中力荷载

以合力为基本量描述的荷载通常称为集中力荷载。图 1.6(a)所示梁的自重可以用 G 描述, G 的作用点为梁的形心,并且有

$$G = bhL\rho$$

图 1.7(a)所示板的自重也可以用 G 描述, G 的作用点为板的形心,并且有

$$G = bL\gamma$$

1.3 约束与约束反力

本节介绍约束、约束反力的基本概念,一般构件能成为建筑结构就一定存在约束,在荷载的作用下约束会对建筑结构产生约束反力,如何分析约束反力是对建筑结构进行力学分析的关键。

1.3.1 约束与约束反力的概念

在建筑工程中,任何建筑构件都要受到与它相联系的其他构件的限制,而不能自由运动。对建筑构件的某些位移起限制作用的条件(或周围联系物体)称为约束。例如,主梁受到柱子的约束,柱子受到基础的约束,桥梁受到桥墩的约束等。约束限制了被约束构件的自由运动,从而使被限制的构件可以抵抗荷载,使该构件成为有意义的建筑形体。

当约束限制了被约束物体的运动趋势时,这种限制必然对被约束物体作用了一定的力,这种力称为约束反力或约束力,一般简称反力。显然,约束反力的作用点是约束与物体的接触点,方向与该约束所能够限制物体运动的方向相反。

能主动使物体产生运动或有运动趋势的力通常称为主动力(或荷载),例如重力、水压力、土压力等。物体所受的主动力一般是已知的,而约束反力是由主动力的作用而引起的,随主动力的变化而变化,它是未知的。因此,对约束反力的分析是刚体静力学分析的关键问题。

1.3.2 工程中常见的约束与约束反力

建筑工程中存在的约束通常是比较复杂的,为了便于进行约束分析,需要对这些复杂的约束进行简化,理想化的约束与约束反力对于简化力学分析是十分必要的。

1. 柔索约束

绳索、链条、皮带等柔性物体都可以简化为柔索约束。这类约束只能承受拉力,不能承受压力,只能限制物体沿这类约束伸长方向的运动。柔索对物体的约束反力作用于接触点,是沿柔索中心线背离物体的拉力,常用 T 表示,如图 1.8 所示。

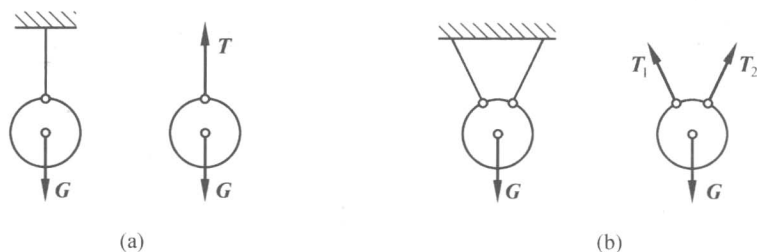


图 1.8 柔索约束

2. 光滑接触面

当两物体的接触面之间的摩擦力很小,可以忽略不计时,就构成光滑接触面约束。这种约束只能限制物体沿接触面的公法线并指向光滑面的运动,而不能限制物体沿接触面的公切线或背离接触面的运动。所以光滑接触面的约束反力是作用于接触点、沿接触面公法线指向被约束体的压力,常用 N 表示,如图 1.9 所示。

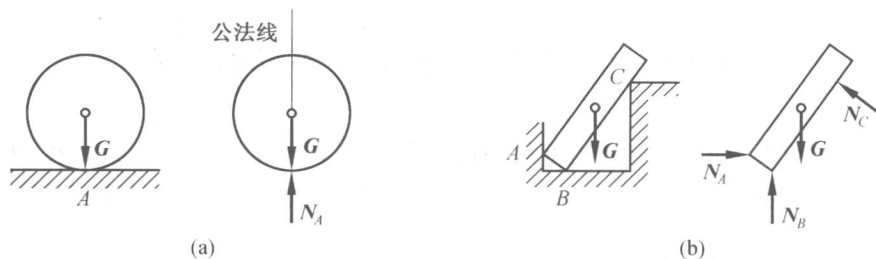


图 1.9 光滑接触面约束

3. 可动铰支座

建筑工程中将构件连接到梁、柱、基础等支承物上的装置称为支座。只限制一个方向线位移的支座称为可动铰支座(或连杆约束)。

可动铰支座的工程模型如图 1.10(a)所示,它限制被约束构件沿垂直支承面方向的移动,不限制转动及沿接触面的平行移动。

可动铰支座的力学简化模型如图 1.10(b)所示,3 种简化模型均表示可动铰支座约束,可以考虑绘图方便灵活使用。

可动铰支座的受力表示如图 1.10(c)所示,习惯将约束反力方向假设为沿坐标正方向,但有时真正的方向可能相反,此时反力的大小为负值。