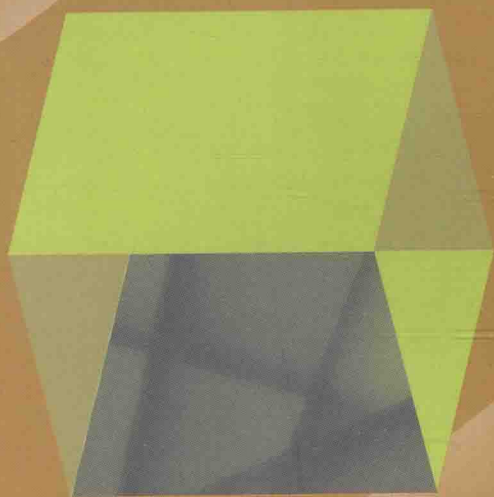




建筑力学同步辅导与题解

沈养中 主编

高等教育出版社

JIANZHU LIXUE TONGBU FUDAO YU TIJIE

建筑力学同步辅导与题解

沈养中 主编

李桐栋 闫礼平 王国菊 副主编

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是高等教育出版社出版、沈养中主编的《建筑力学》(第二版)的配套辅导书。全书内容包括绪论、刚体静力分析基础、力系的平衡、弹性变形体静力分析基础、杆件的内力、杆件的应力与强度、杆件的变形与刚度、压杆稳定、几何组成分析、静定结构的内力与位移、超静定结构的内力与位移、影响线等 12 章。各章由内容总结、典型例题、思考题解答、习题解答等四个部分组成,旨在帮助读者掌握知识要点,培养分析问题和解决问题的能力。本书内容丰富、突出应用、深入浅出、通俗易懂。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校所属二级职业技术学院和民办高校的土建类专业以及道桥、市政和水利等相关专业学生学习建筑力学课程的辅导教材、专升本考试指导书,同时还可作为教师的教学参考书,以及有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学同步辅导与题解 / 沈养中主编. -- 北京 :
高等教育出版社, 2015.7
ISBN 978-7-04-042760-8

I. ①建… II. ①沈… III. ①建筑科学-力学-高等
职业教育-教学参考资料 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 100887 号

策划编辑 刘东良
插图绘制 郝林

责任编辑 刘东良
责任校对 张小楠

封面设计 李卫青
责任印制 赵义民

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印刷 北京市密东印刷有限公司
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 17
字数 420 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版次 2015 年 7 月第 1 版
印次 2015 年 7 月第 1 次印刷
定价 28.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 42760-00

前言

由高等教育出版社出版、沈养中主编的《建筑力学》教材是在“十一五”国家级规划教材《工程力学》(第一、二分册)(第三版)的基础上,根据土建类专业的教学需要,增删了部分内容,编排为一册而成。在该教材第二版的修订过程中,为了帮助读者更好地学习建筑力学,我们根据多年的教学经验编写了与该教材配套的教学辅导书。

全书紧扣教材内容,包括绪论、刚体静力分析基础、力系的平衡、弹性变形体静力分析基础、杆件的内力、杆件的应力与强度、杆件的变形与刚度、压杆稳定、几何组成分析、静定结构的内力与位移、超静定结构的内力与位移、影响线等12章。各章由内容总结、典型例题、思考题解答、习题解答等四个部分组成,旨在帮助读者掌握知识要点,培养分析问题和解决问题的能力。本书内容丰富、突出应用、深入浅出、通俗易懂。

参加本书编写工作的有江苏建筑职业技术学院沈养中(第1~4章)、河北工程技术高等专科学校李桐栋(第5~7章)、闫礼平(第9、10章)、王国菊(第8章,第11、12章)。全书由沈养中统稿。

在本书的编写过程中,许多同行提出了很好的意见和建议,在此一并表示感谢。

鉴于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请同行和广大读者批评指正。

编者

2015年1月

第 1 章 绪论	1
内容总结	1
思考题解答	1
第 2 章 刚体静力分析基础	3
内容总结	3
典型例题	5
思考题解答	7
习题解答	10
习题 2-1~习题 2-3 力对点之矩	10
习题 2-4~习题 2-8 结构的计算简图	11
习题 2-9~习题 2-12 物体的受力分析与受力图	14
第 3 章 力系的平衡	19
内容总结	19
典型例题	20
思考题解答	22
习题解答	23
习题 3-1 力在坐标轴上的投影	23
习题 3-2~习题 3-15 单个物体的平衡问题	24
习题 3-16~习题 3-21 物体系统的平衡问题	34
第 4 章 弹性变形体静力分析基础	43
内容总结	43
典型例题	44
思考题解答	45
习题解答	47
习题 4-1 用截面法求内力	47
习题 4-2~习题 4-3 应力与应变	48
第 5 章 杆件的内力	50
内容总结	50

典型例题	51
思考题解答	56
习题解答	58
习题 5-1 拉压杆的轴力与轴力图	58
习题 5-2~习题 5-3 受扭杆的扭矩与扭矩图	60
习题 5-4~习题 5-7 梁的剪力、弯矩与剪力图、弯矩图	62
习题 5-8 斜梁的轴力图、剪力图与弯矩图	76
第 6 章 杆件的应力与强度	79
内容总结	79
典型例题	83
思考题解答	89
习题解答	92
习题 6-1~习题 6-6 拉压杆的应力与强度	92
习题 6-7~习题 6-11 受扭圆杆的应力与强度	95
习题 6-12~习题 6-19 梁的应力与强度	97
习题 6-20~习题 6-28 组合变形杆的应力与强度	101
习题 6-29~习题 6-31 连接件的剪切与挤压强度	107
习题 6-32~习题 6-34 应力状态分析	109
第 7 章 杆件的变形与刚度	113
内容总结	113
典型例题	114
思考题解答	118
习题解答	119
习题 7-1~习题 7-5 拉压杆的变形	119
习题 7-6~习题 7-10 受扭圆杆的变形与刚度	121
习题 7-11~习题 7-14 梁的变形与刚度	123
第 8 章 压杆稳定	128
内容总结	128
典型例题	129
思考题解答	132
习题解答	134
习题 8-1~习题 8-3 临界力与临界应力	134
习题 8-4~习题 8-9 稳定性	136
第 9 章 几何组成分析	141
内容总结	141

典型例题	142
思考题解答	143
习题解答	144
习题 9-1~习题 9-16 几何组成分析	144
第 10 章 静定结构的内力与位移	148
内容总结	148
典型例题	150
思考题解答	158
习题解答	161
习题 10-1 多跨静定梁	161
习题 10-2~习题 10-3 静定平面刚架	165
习题 10-4~习题 10-5 静定平面桁架	174
习题 10-6 静定平面组合结构	182
习题 10-7~习题 10-8 三铰拱	184
习题 10-9~习题 10-15 荷载作用下的位移	186
习题 10-16~习题 10-18 支座移动引起的位移	196
第 11 章 超静定结构的内力与位移	198
内容总结	198
典型例题	201
思考题解答	207
习题解答	209
习题 11-1~习题 11-3 力法	209
习题 11-4 超静定结构的位移	223
习题 11-5~习题 11-6 位移法	225
习题 11-7 力矩分配法	242
第 12 章 影响线	250
内容总结	250
典型例题	251
思考题解答	254
习题解答	255
习题 12-1 绘制影响线	255
习题 12-2~习题 12-4 影响线的应用	259

内 容 总 结

1. 建筑力学的主要研究对象

(1) 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。

(2) 结构按其几何特征可分为杆件结构、板壳结构和实体结构；按其空间特征可分为平面结构和空间结构。

(3) 建筑力学的主要研究对象是杆件结构。本书主要研究平面杆件结构。

2. 平衡状态和平衡力系

(1) 平衡状态是指物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态。

(2) 能使物体保持平衡状态的力系称为平衡力系。

3. 建筑力学的基本任务

(1) 根据平衡条件，由作用于结构上的已知力求出各未知力的过程称为静力分析。

(2) 强度是指结构和构件抵抗破坏的能力。刚度是指结构和构件抵抗变形的能力。稳定性是指结构和构件保持原有平衡状态的能力。

(3) 构件必须按一定几何组成规律组成结构，以确保在预定荷载作用下，结构能维持其原有的几何形状。

(4) 建筑力学的基本任务是研究结构的强度、刚度和稳定性问题，为此提供相关的计算方法和实验技术，为构件选择合适的材料、合理的截面形式及尺寸，以及研究结构的几何组成规律和合理形式，以确保安全和经济两方面的要求。

思考题解答

思考题 1-1 何谓结构？结构按其几何特征可分为几类？按其空间特征可分为几类？建筑力学的主要研究对象是哪类结构？

解 (1) 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。

(2) 结构按其几何特征可分为杆件结构、板壳结构和实体结构。

(3) 结构按其空间特征可分为平面结构和空间结构。

(4) 建筑力学的主要研究对象是杆件结构。

思考题 1-2 试举出几个结构的实例。

解 结构的实例如思考题 1-2 题解图所示。

思考题 1-3 什么叫做静力分析？

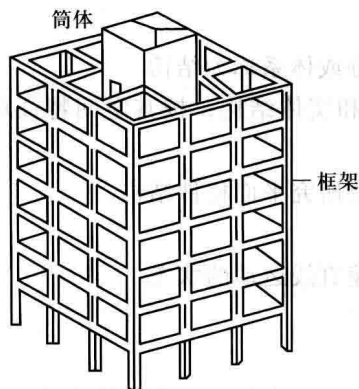
解 根据平衡条件，由作用于结构上的已知力求出各未知力的过程称为静力分析。

思考题 1-4 结构正常工作必须满足哪些基本要求？

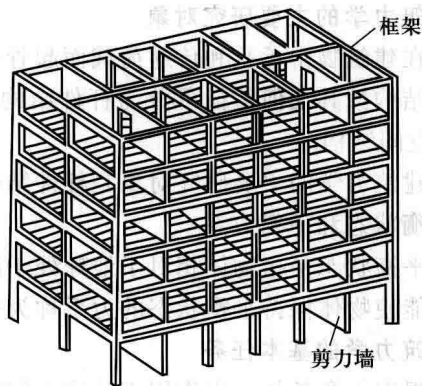
解 结构正常工作必须具有足够的强度、足够的刚度、足够的稳定性，以及在预定荷载作用下，结构能维持其原有的几何形状不变。

思考题 1-5 建筑力学的基本任务是什么？

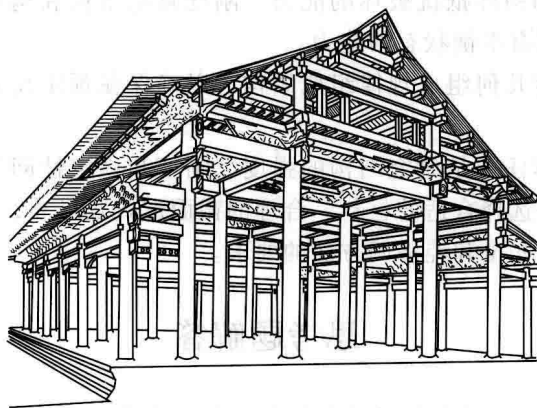
解 建筑力学的基本任务是研究结构的强度、刚度和稳定性问题，为此提供相关的计算方法和实验技术，为构件选择合适的材料、合理的截面形式及尺寸，以及研究结构的几何组成规律和合理形式，以确保安全和经济两方面的要求。



(a) 框架核心筒结构



(b) 框架剪力墙结构



(c) 木结构



(d) 斜拉桥结构

思考题 1-2 题解图

第2章 刚体静力分析基础

内 容 总 结

1. 刚体与变形体

刚体与变形体是建筑力学中的两个力学模型。刚体是指在外力的作用下,其内部任意两点之间的距离始终保持不变的物体。在研究物体的平衡和运动规律时,若物体的变形很小,则可以把物体抽象为刚体。在研究结构或构件的强度、刚度和稳定性问题时,必须把物体抽象为变形体。

2. 力与力偶

(1) 力是物体间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态或形状发生改变。力使物体运动状态发生改变的效应称为运动效应或外效应;力使物体的形状发生改变的效应称为变形效应或内效应。力的运动效应又分为移动效应和转动效应。力分为集中力和分布力两类。

(2) 力的性质主要有:二力平衡公理、加减平衡力系公理、刚化原理、力的平行四边形法则、作用与反作用定律。

(3) 汇交力系的合成结果为一个合力,合力等于力系中各力的矢量和,合力的作用线通过汇交点。

(4) 力矩是力使物体绕一点转动效应的度量。力矩的计算是一个基本运算,除利用力矩的定义 $M_o(\boldsymbol{F}) = \pm Fd$ 计算外,还常利用合力矩定理进行计算。

(5) 由两个大小相等、方向相反且不共线的平行力组成的力系称为力偶。力偶对物体只产生转动效应,不产生移动效应,因此一个力偶既不能与一个力等效,也不能与一个力平衡。力与力偶是表示物体间相互机械作用的两个基本元素。

(6) 力偶矩是力偶使物体产生转动效应的度量。只要力偶矩保持不变,力偶可在其作用面内任意搬移,或者可以同时改变力偶中的力的大小和力偶臂的长短,力偶对刚体的效应不变。

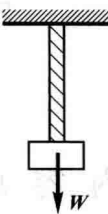
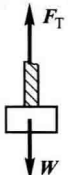
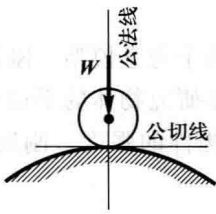
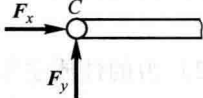
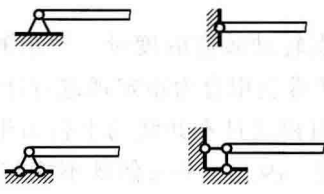
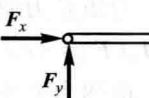
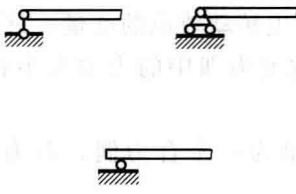
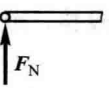
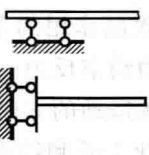
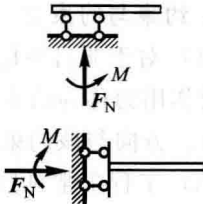
(7) 平面力偶系的合成结果为一个合力偶,合力偶的矩等于力偶系中各力偶矩的代数和。

3. 约束与约束力

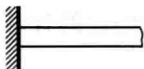
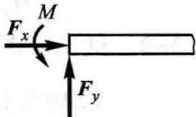
(1) 对于非自由体的某些位移起限制作用的条件(或周围物体)称为约束。约束对被约束物体的作用力称为约束力,有时也称为约束反力,简称反力。约束力的作用点是约束与物体的接触点,方向与该约束所能够限制物体运动的方向相反。

(2) 工程中常见约束的性质、简化表示和约束力的画法见表 2.1。

表 2.1 工程中常见的约束

序号	约束名称	约束性质	约束简化表示	约束力画法
1	柔索	限制构件沿柔索伸长方向的运动		
2	光滑接触面	限制构件沿接触点处公法线朝接触面方向的运动		
3	光滑铰链	限制两构件在垂直于销钉轴线的平面内相对移动		
4	固定铰支座	限制两构件在垂直于销钉轴线的平面内相对移动		
5	活动铰支座	限制构件沿支承面法线方向的移动		
6	定向支座	限制构件的转动和垂直于支承面方向的移动		

续表

序号	约束名称	约束性质	约束简化表示	约束力画法
7	固定端	限制构件的移动和转动		

4. 结构的计算简图

(1) 将实际结构抽象成的既能反映结构的实际受力和变形特点又便于计算的理想模型,称为结构的计算简图。

(2) 在选取杆件结构的计算简图时,通常对实际结构从以下几个方面进行简化:结构体系的简化、杆件的简化、结点的简化、支座的简化和荷载的简化。

5. 物体的受力分析与受力图

(1) 在求解工程中的力学问题时,一般首先需要根据问题的已知条件和待求量,选择一个或几个物体作为研究对象,然后分析它们受到哪些力的作用,其中哪些是已知的,哪些是未知的,此过程称为受力分析。

(2) 受力分析通过画受力图进行。画受力图的第一步是将研究对象从与其联系的周围物体中分离出来,单独画出。第二步是画出作用于研究对象上的全部主动力和约束力。

(3) 画受力图的注意点:

① 遵循约束的性质。凡研究对象与周围物体相连接处,都有约束力。约束力的个数和方向必须严格按约束的性质去画,当约束力的指向不能预先确定时,可以假定。

② 遵循力与力偶的性质。主要有二力平衡公理、三力平衡汇交定理及作用与反作用定律。作用力的方向一经确定(或假定),则反作用力的方向必与之相反。

③ 只画外力,不画内力。

典型例题

例 2-1 试计算图中力 F 对 A 点之矩。已知 F , a , b 。

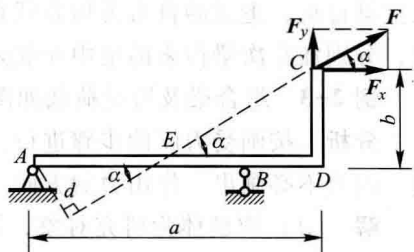
分析 力矩的计算有两种方法。本例中因力臂 d 的计算较麻烦,故用定义计算力矩不方便,而用合力矩定理计算力矩比较容易。为便于比较,下面分别用两种方法进行计算。

解 方法 1: 由定义求 $M_A(F)$ 。首先求力臂,由图中几何关系得

$$\begin{aligned} d &= AE \sin \alpha = (AD - ED) \sin \alpha = (a - b \cot \alpha) \sin \alpha \\ &= a \sin \alpha - b \cos \alpha \end{aligned}$$

因而

$$M_A(F) = Fd = F a \sin \alpha - F b \cos \alpha$$

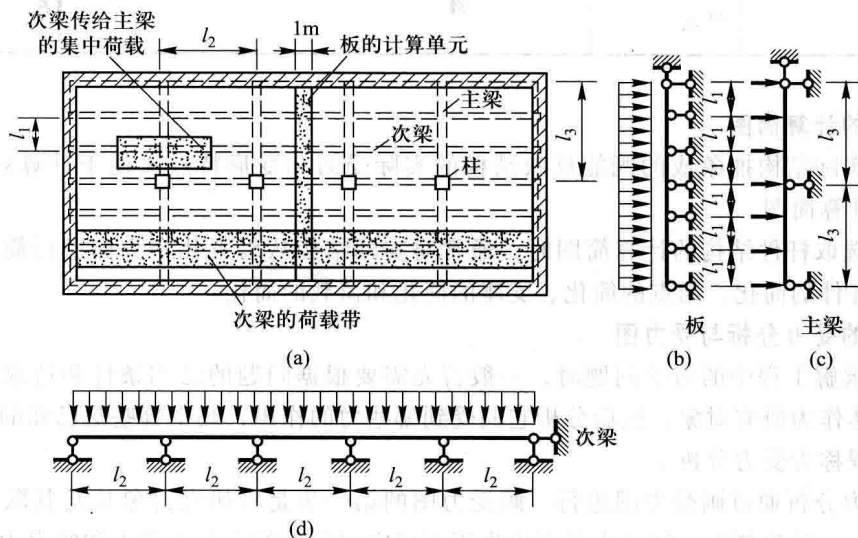


例 2-1 图

方法2: 由合力矩定理求 $M_A(F)$ 。现将力 F 分解为互相垂直的两个分力 F_x 和 F_y , 如图所示, 利用合力矩定理可得

$$M_A(F) = M_A(F_x) + M_A(F_y) = -F_x b + F_y a = F a \sin \alpha - F b \cos \alpha$$

例 2-2 试选取图 a 所示梁板结构楼盖的计算简图。



例 2-2 图

分析 梁板结构楼盖是由主梁、次梁和板组成。主梁支承在柱和墙体上, 次梁支承在主梁上, 板支承在次梁上。板习惯上沿板短跨方向取 1 m 宽板带作为计算单元(图 a), 即作为梁计算。

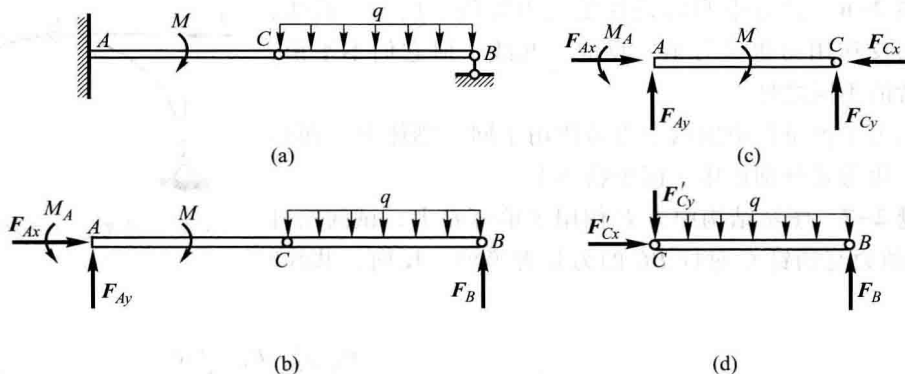
解 (1) 支座的简化。楼盖中的板、次梁、主梁为整体连接, 为简化计算, 板、次梁、主梁的支座都视为铰支座, 如图 b~图 d 所示。

(2) 荷载的简化。作用于楼盖上的荷载有恒载和活载两种。恒载包括结构自重、构造层重等, 活载包括人群、家具等的重力, 上述荷载通常按均布面荷载 q_0 作用于板上。作用于板计算单元上的荷载为 $q_0 \times 1$ m 的均布线荷载(图 b)。次梁承受左右两边板上传来的均布线荷载 $q_0 \times l_1$ 及次梁自重 q_1 (均布线荷载), 如图 d 所示。主梁承受次梁传来的集中荷载 $(q_0 \times l_1 + q_1) \times l_2$ 及主梁自重, 主梁的自重为均布线荷载 q_2 , 为便于计算, 一般将主梁自重折算为几个集中荷载, 分别加在次梁传来的集中荷载处(图 c)。

例 2-3 组合梁及所受荷载如图 a 所示, 试分别画出整体和 AC、BC 部分的受力图。

分析 按画受力图的步骤进行。约束力必须严格按约束的性质去画, 方向不能确定时可假定。内力不必画出。作用力的方向一经确定(或假定), 则反作用力的方向必与之相反。

解 (1) 取整体为研究对象, 将其单独画出。作用于整体上的主动力为 M 和 q 。A 端是固定端支座, 有反力和反力偶, 由于反力的方向未知, 用一对正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 表示(方向假定), 反力偶 M_A 转向待定(假定为逆时针转向)。B 端是活动铰支座, 其反力 F_B 垂直于支承面(假定方向向上)。中间铰链 C 处的约束力, 对整体来说是内力, 故不画出。整体的受力图如图 b 所示。



例 2-3 图

(2) 取 AC 部分为研究对象, 将其单独画出。作用于 AC 部分上的主动力为 M 。A 端的反力有 F_{Ax} 、 F_{Ay} 、 M_A ; C 处铰链的约束力的方向未知, 用一对正交分力 F_{Cx} 和 F_{Cy} 表示(方向假定)。AC 部分的受力图如图 c 所示。

(3) 取 BC 部分为研究对象, 将其单独画出。作用于 BC 部分上的主动力为 q 。B 端的反力有 F_B ; C 处铰链的约束力用一对正交分力 F'_{Cx} 和 F'_{Cy} 表示, 它们与 AC 部分受力图上的 F_{Cx} 和 F_{Cy} 是一对作用力与反作用力, 反向共线。BC 部分的受力图如图 d 所示。

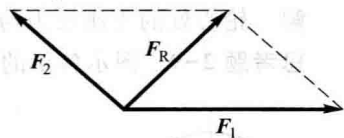
思考题解答

思考题 2-1 两个大小相等的力对物体的效应是否相同? 为什么?

解 不一定相同。因为力对物体的效应不仅取决于力的大小, 而且还取决于力的方向和作用点(或作用线)。

思考题 2-2 合力是否一定比分力大? 为什么?

解 不一定。以作用于物体上同一点的两个力为例, 它们的合力等于这两个力的矢量和, 如图所示, 合力 F_R 就比分力 F_1 小。



思考题 2-2 题解图

思考题 2-3 已知 F_1 和 F_2 为两个力, 试说明下列式子的意义:

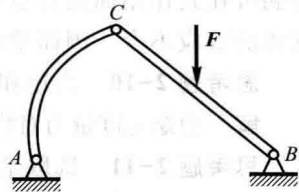
- (1) $F_1 = F_2$; (2) $F_1 = F_2$; (3) $F_1 = -F_2$; (4) $F_R = F_1 + F_2$

解 (1) 力 F_1 与 F_2 大小相等、方向相同; (2) 力 F_1 与 F_2 大小相等; (3) 力 F_1 与 F_2 大小相等、方向相反; (4) 力 F_1 与 F_2 的矢量和等于 F_R 。

思考题 2-4 若不计自重, 图示结构中构件 AC 是否是二力构件? 若考虑自重, 情况又怎样?

解 若不计自重, 图示结构中构件 AC 是二力构件。若考虑自重, 构件 AC 不是二力构件, 因为此时构件 AC 受三个力作用。

思考题 2-5 当求铰 C 的约束力时, 能否将作用于 D 点的力 F 沿其作用线移到 E 点? 为什么?



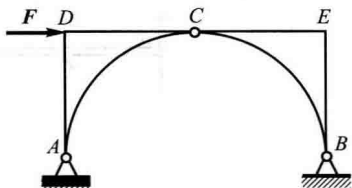
思考题 2-4 图

解 不能。因为物体 ACB 是变形体, 力的可传性原理不适用。

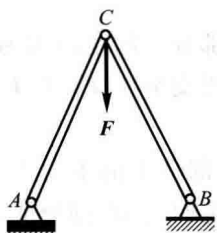
思考题 2-6 二力平衡的条件是二力等值、反向、共线，而作用力与反作用力也是等值、反向、共线，但它们不平衡，试说明两者的不同之处。

解 二力平衡条件中的两个力是作用于同一刚体上，而作用力与反作用力是分别作用于两个物体上。

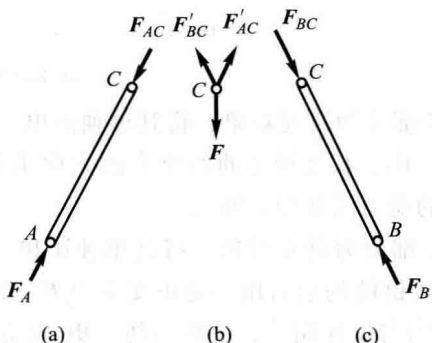
思考题 2-7 图示结构中力 F 作用于销钉 C 上，试问销钉 C 对杆 AC 的力与销钉 C 对杆 BC 的力是否等值、反向、共线？为什么？



思考题 2-5 图



思考题 2-7 图



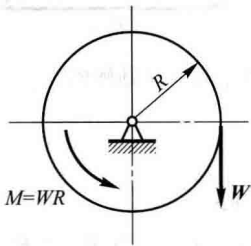
思考题 2-7 题解图

解 销钉 C 对杆 AC 的力与销钉 C 对杆 BC 的力不是等值、反向、共线。由杆 AC 、销钉 C 、杆 BC 的受力图(思考题 2-7 题解图)可得上述结论。

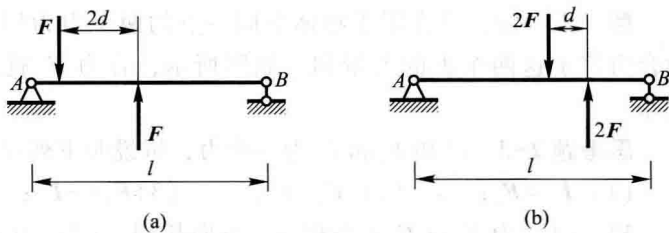
思考题 2-8 既然一个力偶不能和一个力平衡，那么图中的轮子为什么能够平衡呢？

解 轮心处的支座反力与主动力 W 组成一个力偶，这个力偶与主动力偶 M 平衡。

思考题 2-9 图示各梁的支座反力是否相同？为什么？



思考题 2-8 图



思考题 2-9 图

解 图 a 与图 b 两种情况中梁的支座反力相同。根据力偶的性质：只要力偶矩保持不变，力偶可在其作用面内任意搬移，或者可以同时改变力偶中的力的大小和力偶臂的长短，力偶对刚体的效应不变。因而梁的支座反力也不变。

思考题 2-10 力矩和力偶矩有何不同？

解 力矩是度量力对物体转动效应的物理量，而力偶矩是度量力偶对物体转动效应的物理量。

思考题 2-11 选取结构计算简图的原则是什么？对杆件结构应从哪几个方面进行简化？

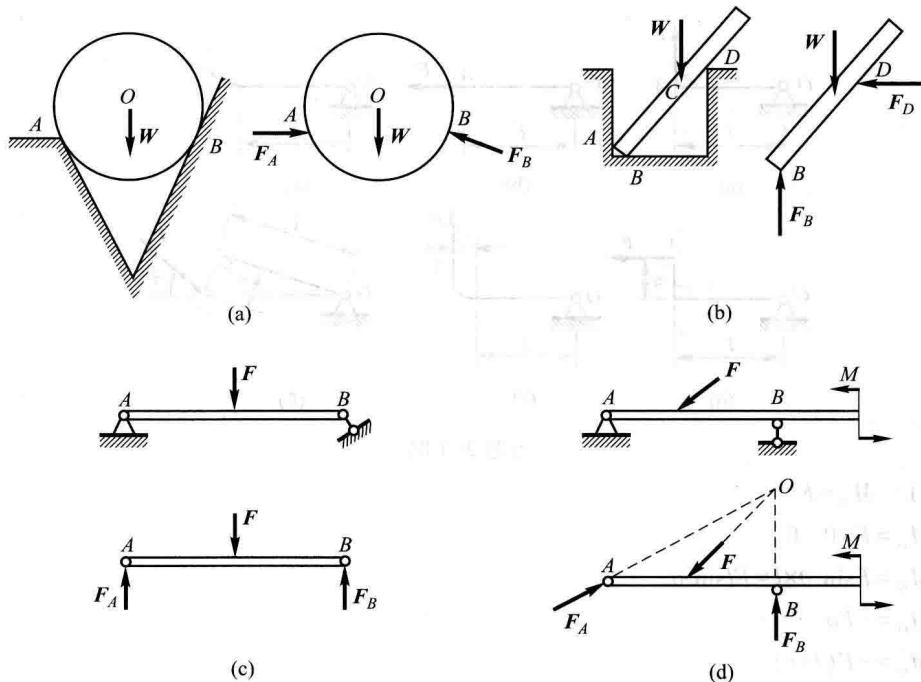
解 选取结构计算简图的原则是：①必须使计算简图尽可能正确地反映结构的实际情况；

②忽略次要因素，便于分析计算。

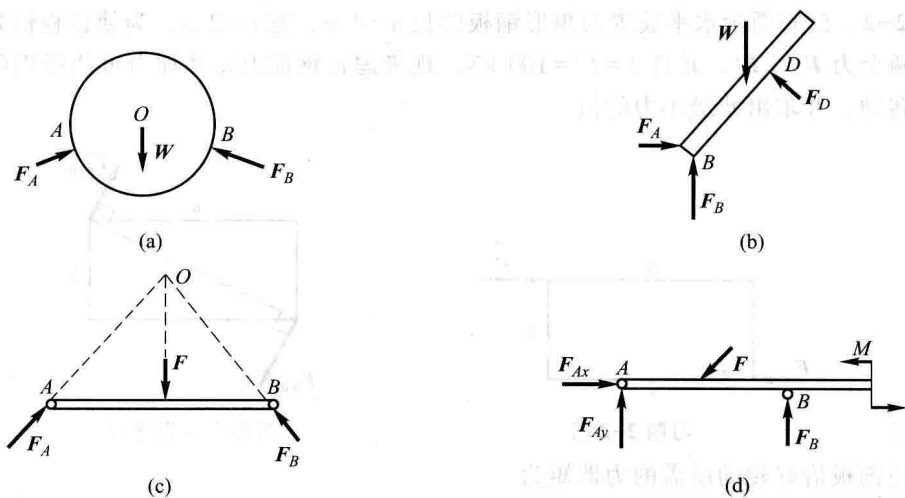
对杆件结构应从以下几个方面进行简化：①结构体系的简化；②杆件的简化；③结点的简化；④支座的简化；⑤荷载的简化。

思考题 2-12 试判断图中所画各受力图是否正确？若有错误，请改正。假定所有接触面都是光滑的，图中凡未标出自重的物体，自重不计。

解 图 a~图 d 都错，改正后的受力图如思考题 2-12 题解图所示。



思考题 2-12 图

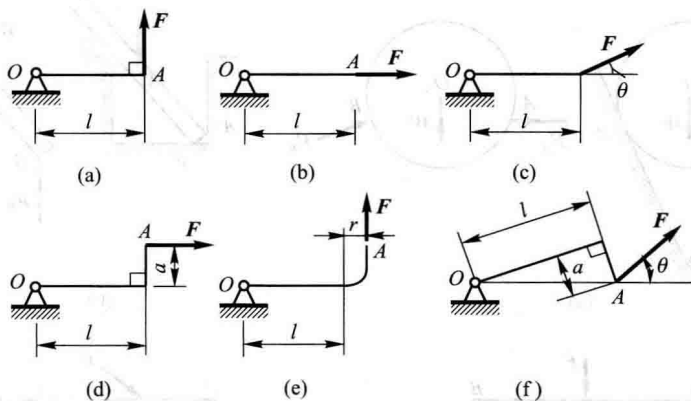


思考题 2-12 题解图

习题解答

习题 2-1 ~ 习题 2-3 力对点之矩

习题 2-1 试计算下列各图中力 F 对 O 点之矩。



习题 2-1 图

解 (1) $M_O = Fl$

(2) $M_O = F \times 0 = 0$

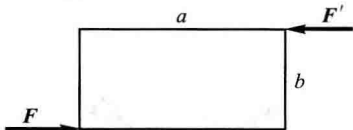
(3) $M_O = F \sin \theta \times l = Fl \sin \theta$

(4) $M_O = -Fa$

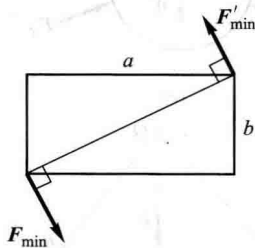
(5) $M_O = -F(l+r)$

(6) $M_O = F \sin \theta \times \sqrt{l^2 + a^2} = F \sqrt{l^2 + a^2} \sin \theta$

习题 2-2 已知图示水平放置的矩形钢板的长 $a = 4 \text{ m}$, 宽 $b = 2 \text{ m}$, 为使钢板恰好转动, 顺长边需加两个力 F 与 F' , 并且 $F = F' = 100 \text{ kN}$ 。现考虑在钢板上怎样加力可使所用的力最小而钢板亦能转动, 并求出此最小力的值。



习题 2-2 图



习题 2-2 题解图

解 使钢板恰好转动所需的力偶矩为

$$M = 100 \text{ kN} \times 2 \text{ m} = 200 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

现在矩形对角线的垂直方向加一对大小相等、方向相反的力(习题 2-2 题解图), 此力即