

BUILDING

中等职业教育课程改革国家级“十二五”规划教材

建筑力学学习指导

JIANZHU LIXUE XUEXI ZHIDAO

主 编 金舜卿 唐晓晗



西北工业大学出版社

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

中等职业教育课程改革国家级“十二五”规划教材

建筑力学学习指导

主 编 金舜卿 唐晓晗
副主编 贺 萍
参 编 王利艳 王利平
鞠 洁 孙秋彦
主 审 周明月



西北工业大学出版社
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

【内容简介】 全书分为两大部分,第一部分基本知识及其训练包括5章内容,分别为受力分析绘制受力图、计算结构的约束反力、计算杆件的内力绘制内力图、杆件的承载能力计算、平面杆件结构简介,每一章中均包括学习基本要求、内容提要、重点及难点分析、典型例题、练习题等内容,其中练习题又分为客观题(包括判断题、填空题和选择题等)和主观题(包括简答题、绘图题和计算题等);第二部分模拟试卷,包括试题和参考答案。

本书对《建筑力学》的基本知识和重点内容进行了详尽而深入地阐述和讨论,起到帮助读者复习和提高的作用。

《建筑力学学习指导》可作为中等职业学校的建筑工程施工、道路与桥梁工程施工、市政工程施工和水利水电工程施工等专业力学教学辅导用书,也可作为土木工程行业从业人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学学习指导 / 金舜卿,唐晓哈主编. —西安:西北工业大学出版社,2012.9
ISBN 978 - 7 - 5612 - 3470 - 9

I. ①建… II. ①金…②唐… III. ①建筑力学—高等学校—教学参考资料 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 219073 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮政编码:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:河南永成彩色印刷有限公司

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张:4.5

字 数:92千字

版 次:2012年9月第1版 2012年9月第1次印刷

定 价:20.00元

前言



“建筑力学”是土建类各专业的一门重要的专业技术基础课程,对培养和提高学生的科学素养起着其他课程不能替代的作用。掌握“建筑力学”的基本概念、基本原理和分析计算方法对学习后续专业课程、毕业后的继续深造以及解决工程实际问题都是十分重要的。因此,每个学生都应该学好“建筑力学”。

对于刚刚进入中职学校接受职业教育的一年级学生来说,由于他们本身对中小学学习的文化基础知识掌握的不是很扎实、一年级的学习任务繁重等因素,都会导致学生在学习“建筑力学”时遇到许多困难和问题。为了帮助学生学好“建筑力学”,深入理解其基本概念、基本原理、基本方法,开阔学习思路,掌握课程内容之间的内在联系,提高学生发现问题、分析问题和解决问题的能力,我们组织编写了《建筑力学学习指导》一书。

全书分为两大部分,第一部分包括5章内容,第一章由河南省建筑工程学校贺萍、王利平共同编写,第二章由河南省建筑工程学校金舜卿、孙秋彦共同编写,第三章由河南省建筑工程学校鞠洁编写,第四章由河南省建筑工程学校金舜卿、王利艳编写,第五章由河南省建筑工程学校贺萍编写;第二部分是模拟试卷,由河南省建筑工程学校金舜卿、贺萍、鞠洁等共同编写。

全书由金舜卿统稿和定稿,由河南省建筑工程学校周明月老师担任主审。

本书在编写过程中参阅了大量的教材及其他文献资料,编者在此对这些资料的作者表示衷心的感谢!

由于水平有限,书中不足之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者

2012年7月

目 录



第一部分 基本知识及其训练

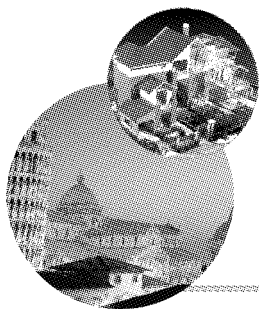
第一章 受力分析绘制受力图	2
第二章 计算结构的约束反力	13
第三章 计算杆件的内力绘制内力图	24
第四章 杆件的承载能力计算	33
第五章 平面杆件结构简介	44

第二部分 模拟试卷

模拟试卷(一)	53
模拟试卷(二)	57
真卷试练	61
参考文献	66

第一部分

基本知识及其训练



第一章

受力分析绘制受力图



学习基本要求

1. 理解力的概念。
2. 理解静力学公理及推论,能够运用其对生活中的实际问题进行简单的分析。
3. 掌握力的投影计算。
4. 掌握力矩的计算。
5. 了解力偶的概念及其性质。
6. 熟悉几种常见约束的性质,能够准确画出其约束反力。
7. 掌握物体的受力分析并绘制其受力图。



内容提要

1. 基本概念
 - (1) 力是物体间相互的机械作用,力的三要素:大小、方向、作用点。
 - (2) 刚体:指在任何外力作用下,其大小和形状始终保持不变的物体。
 - (3) 平衡:物体相对于地球处于静止或匀速直线运动的状态称为平衡。
 - (4) 力系:作用于一个物体上的一群力,称为力系。如果物体在一个力系作用下处于平衡状态,则该力系称为平衡力系。
 - (5) 力矩:平面力系中力对某点的力矩等于该力的大小与力臂的乘积。
 - (6) 力偶:大小相等、方向相反、作用线互相平行但不重合的两个力组成的力系,称为力偶。
 - (7) 力偶矩:力偶中的力与其力偶臂的乘积再加上适当的正负号称为力偶矩。
 - (8) 约束:限制物体运动或运动趋势的其他周围物体,称为该物体的约束。
 - (9) 约束反力:约束对被约束物体的作用力称为约束反力。约束反力的方向应该根据约束的类型来确定,它总是与约束所能阻碍的物体运动或运动趋势方向相反。
 - (10) 受力图:反映物体受力情况的图形称为受力图。

第一章 受力分析绘制受力图



2. 基本原理

(1) 静力学公理。静力学公理是人们关于力的基本性质的概括和总结,它是构建静力学理论的基本依据。

1) 二力平衡公理总结了作用于刚体上的最简单的力系平衡时所必须满足的条件。对于刚体这个条件是既必要又充分的;但对于变形体,这个条件仅为必要条件。

2) 加减平衡力系公理是研究力系等效替换的重要依据。

3) 作用与反作用公理说明了力在两个物体之间的传递规律、概括了物体间相互作用的关系。这个公理表明力总是成对出现的,有作用力就有反作用力,已知作用力就可知反作用力,这个公理是分析物体和物体系统受力情况时必须遵循的原则。

4) 力的平行四边形公理总结了最简单力系简化的规律,它是复杂力系简化的基础。

(2) 合力投影定理:合力在任一坐标轴上的投影等于各分力在同一轴上投影的代数和。

(3) 合力矩定理:平面力系的合力对平面内任一点的力矩,等于力系中各分力对同一点力矩的代数和。

3. 重要计算

(1) 力在 x 轴和 y 轴上的投影:

$$\begin{cases} X = \pm F \cos \alpha \\ Y = \pm F \sin \alpha \end{cases}$$

(2) 力对点之矩:

$$M_o(F) = \pm Fd$$

(3) 力偶矩:

$$M = \pm Fd$$

4. 力偶的性质

性质 1:力偶在任意坐标轴上的投影等于零。

性质 2:力偶没有合力,既不能与一个力等效,也不能用一个力来平衡,力偶只能用偶平衡。

性质 3:力偶对其作用面内的任一点之矩恒等于力偶矩,与矩心位置无关。

性质 4:在同一平面内的两个力偶,如果它们的力偶矩大小相等、转向相同,则称这两个力偶是等效的。这就是力偶的等效性。

根据力偶的等效性,可得到下面两个推论:

推论 1:力偶可在其作用面内任意移动和转动,而不改变它对物体的转动效应。

推论 2:只要保持力偶矩的大小不变、转向不变,可以相应地改变组成力偶的力的大小和力偶臂的长短,而不改变它对物体的转动效应。

5. 结构的计算简图

(1) 简化的原则:①从实际出发,反映结构实质;②分清主次,便于进行力学计算。

(2) 简化的主要内容:①结构体系的简化;②结点的简化;③支座的简化;④荷载的简化。

6. 受力分析画受力图

(1) 解题步骤。

1) 选取研究对象,并单独画出研究对象的轮廓图——取脱离体。



- 2) 先画出研究对象所受的全部主动力。
- 3) 再画出研究对象所受的全部约束反力。

(2) 注意事项。

1) 不要漏画力。必须清楚所选取的研究对象(受力物体)与周围哪些物体(施力物体)有接触,在接触点处均可能有约束反力。

2) 不要多画力。在画受力图时,一定要分清施力物体与受力物体,切不可将研究对象施加给其他物体的力画在该研究对象的受力图上。当研究对象包含两个或两个以上物体时,注意其受力图上只画外力不画内力。

3) 不要画错力的方向。已知力必须按题上的已知情况去画——照抄,切不可随意改动。约束反力的方向必须严格按照约束的性质确定,不能凭主观感觉猜测。在两物体相互连接处,注意两物体之间作用力与反作用力的等值、反向、共线关系。

(3) 画物体系统受力图时的注意事项。

1) 画物体系统的受力图,与画单个物体受力图的步骤相同。

2) 若物体系统中有二力杆时,则应首先画出二力杆的受力图。

3) 物体系统内物体间的作用力和反作用力,必须遵循作用与反作用公理;当以几个物体构成的物体系统为研究对象时,各物体之间的约束反力为系统内部的相互作用力,不要画出来。

4) 同一个约束反力,在不同的受力图上必须保持一致。



重点及难点分析

(1) 这一部分的重点是理解静力学公理、掌握投影及力矩的计算、掌握常见约束的约束反力画法、能够正确进行受力分析并绘制受力图。

(2) 这一部分的难点:合力矩定理的应用、物体系统的受力分析。



典型例题

例 1-1 已知 $F_1 = F_2 = 120\text{ N}$, $F_3 = 160\text{ N}$, $F_4 = 100\text{ N}$, 各力方向如图 1-1 所示, 分别计算出各力在 x 轴和 y 轴上的投影。

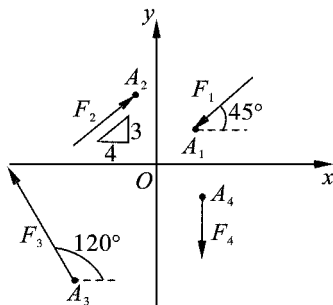


图 1-1

第一章 受力分析绘制受力图



$$\text{解: } X_1 = -F_1 \cos 45^\circ = -120 \times 0.707 = -84.84 \text{ N}$$

$$Y_1 = -F_1 \sin 45^\circ = -120 \times 0.707 = -84.84 \text{ N}$$

$$X_2 = F_2 \times \frac{4}{5} = 120 \times \frac{4}{5} = 96 \text{ N}$$

$$Y_2 = F_2 \times \frac{3}{5} = 120 \times \frac{3}{5} = 72 \text{ N}$$

$$X_3 = -F_3 \cos(180^\circ - 120^\circ) = -F_3 \cos 60^\circ = -160 \times 0.5 = -80 \text{ N}$$

$$Y_3 = F_3 \sin(180^\circ - 120^\circ) = F_3 \sin 60^\circ = 160 \times 0.866 = 138.56 \text{ N}$$

$$X_4 = 0$$

$$Y_4 = -F_4 = -100 \text{ N}$$

【解题指导】

当计算集中力在坐标轴上的投影时,首先要看力与坐标轴的位置关系,若力与坐标轴之间属于特殊关系(相互垂直、平行或重合),则直接套用结论;若力与坐标轴之间属于一般关系,则应启动投影的计算程序“一找二算三判断”进行操作。

例 1-2 已知力 $F_1 = 50 \text{ kN}$, $F_2 = 80 \text{ kN}$, $F_3 = 100 \text{ kN}$, 如图 1-2 所示, 请分别计算力 F_1, F_2, F_3 对 A 点的力矩。

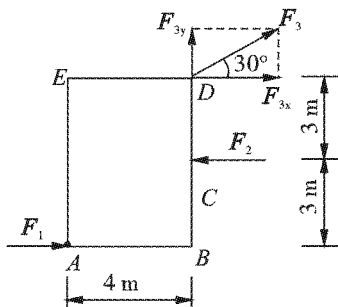


图 1-2

$$\text{解: } M_A(F_1) = 0$$

$$M_A(F_2) = F_2 d_2 = 80 \times 3 = 240 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

由于力 F_3 对 A 点之矩的力臂 d_3 不易计算, 可利用合力矩定理进行计算。

$$M_A(F_3) = M_A(F_{3x}) + M_A(F_{3y}) = -F_{3x} d_{3x} + F_{3y} d_{3y} =$$

$$-F_3 \cos 30^\circ d_{3x} + F_3 \sin 30^\circ d_{3y} =$$

$$-50 \times 0.866 \times 6 + 50 \times 0.5 \times 4 = -159.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

【解题指导】

当计算集中力对点之矩时,首先要看力作用线与矩心的位置关系,若力作用线与矩心之间属于特殊关系(即力作用线通过矩心)时则直接套用结论;若力作用线与矩心之间属于一般关系,则应启动“一找二算三判断”的程序进行计算,如果在找力臂时发现力臂不易计算,此时应考虑把该力在适当位置正交分解(分力及分力的力臂都容易计算),然后利用合力矩定理来计算力矩。



例 1-3 一物体在某平面内受到三个力偶作用,如图 1-3 所示。已知 $F_1 = F'_1 = 50 \text{ kN}$, $F_2 = F'_2 = 40 \text{ kN}$, $M = 60 \text{ kN} \cdot \text{m}$,求各力偶的力偶矩。

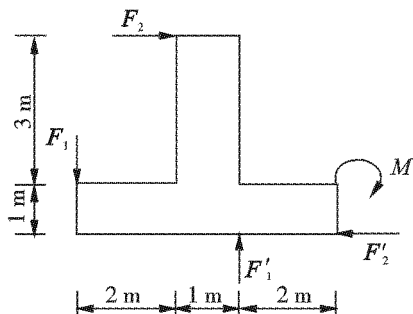


图 1-3

解:计算各分力偶的力偶矩:

$$M_1 = F_1 d_1 = 50 \times 3 = 150 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_2 = -F_2 d_2 = -40 \times 4 = -160 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_3 = -M = -60 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

【解题指导】

力偶有两种表示方法,一种是定义式,即用两个大小相等、方向相反、作用线平行但不重合的力组成的力系;另一种是用一个带箭头的平面弧线来表示的力偶。这两种表示方法是等效的,可以互相替换。

例 1-4 简支梁 AB 如图 1-4(a) 所示,梁的自重不计,试画出梁 AB 的受力图。

解:(1)取隔离体。选取梁为研究对象,画出梁的轮廓图,如图 1-4(b) 所示。

(2)画主动力。梁受到的主动力只有已知力 F ,在 C 点画上力 F 如图 1-4(b) 所示。

(3)画约束反力。梁的 A 端为固定铰支座,其约束反力方向未知,用两个互相垂直的分力来表示;B 端为可动铰支座,其约束反力垂直于支撑面、指向假设。梁 AB 的受力图如图 1-4(b) 所示。

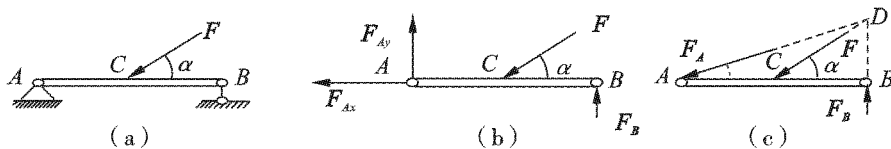


图 1-4

【解题指导】

梁上 A 处是一个固定铰支座,限制 A 点的移动,其约束反力的画法有两种:一种是用一个大小和方向均未知的力来表示;另一种是用两个正交分解的分力来表示。

第一章 受力分析绘制受力图



因此,此题还有另一种画法:因为梁 AB 是在三个力的作用下处于平衡状态,所以可以利用前面所学的三力平衡汇交定理画出其受力图。主动力 F 的方向和可动铰支座的约束反力的方位是确定的,两者的作用线延长汇交于点 D ,那么固定铰支座的约束反力的作用线一定通过 D 点。这样可画出梁的受力图如图 1-4(c) 所示。

例 1-5 试绘制如图 1-5(a) 所示物体系统中各物体及整体的受力图。

解: 图示系统由两个物体组成:杆件 AB 和杆件 BD , 因此本题应该画出三个受力图。

(1) 杆件 AB 。以物体 AB 为研究对象, A 点是一个固定端支座, 产生三个支座反力, E 点是一个集中力, B 点是一个光滑圆柱铰链约束, 产生两个约束反力, 受力图如图 1-5(b) 所示。

(2) 杆件 BD 。以物体 BD 为研究对象, 根据作用与反作用公理, B 点光滑圆柱铰链产生两个约束反力, C 点是可动铰支座, 产生一个约束反力, CD 部分受有均布荷载作用, D 点作用有一个力偶, 画出其受力图如图 1-5(c) 所示。

(3) 物体系统整体。以物体系统为研究对象, A 点固定端支座产生三个支座反力, E 点有一个集中力, C 点可动铰支座产生一个支座反力, CD 段受有均布荷载, D 点有力偶作用, 画出物体系统整体的受力图如图 1-5(d) 所示。

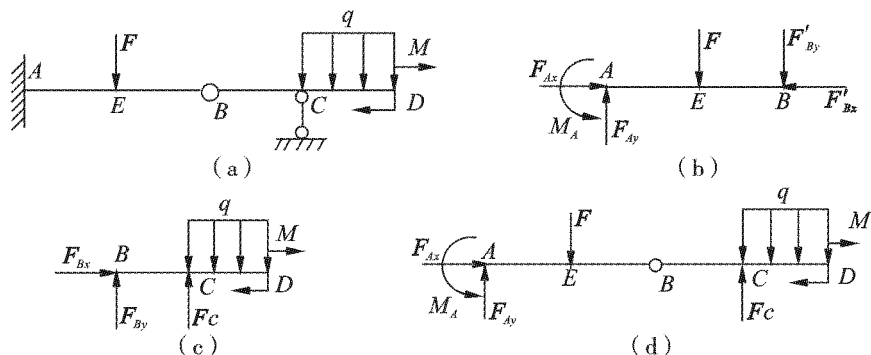


图 1-5

【解题指导】

当对物体系统进行受力分析时, 一般没有先后顺序(二力杆例外), 先分析谁都可以。当画物体系统受力图时必须注意下列 5 点:

- (1) 画物体系统的受力图, 与画单个物体受力图的步骤相同。
- (2) 若物体系统中有二力杆时, 则应首先画出二力杆的受力图。
- (3) 物体系统内物体间的作用力和反作用力, 必须遵循作用与反作用公理; 当以几个物体构成的物体系统为研究对象时, 各物体之间的约束反力为系统内部的相互作用力, 不要画出来。
- (4) 同一个约束反力, 在不同的受力图上必须保持一致。
- (5) 当研究对象包含两个或两个以上的物体时, 其受力图上只画外力, 不画内力。



练习题

一、判断题

- () 1. 刚体是指在外力作用下变形很小的物体。
- () 2. 力矩的大小不只是跟力的大小有关系。
- () 3. 力偶既可以使物体移动也可以使物体转动。
- () 4. 作用在刚体上的力可以沿其作用线随意滑动。
- () 5. 力偶的投影不一定是零。
- () 6. 二力杆不一定是直杆。

二、填空题

- 1. 力的三要素分别是：_____、_____、_____。
- 2. 物体相对于地球处于_____或_____的状态称为平衡。
- 3. 二力平衡公理中的两个力必须满足的条件：_____、_____、_____。
- 4. 力偶的转向：_____为正,反之为负。
- 5. 常见的三种支座约束：_____、_____、_____。

三、选择题

- 1. 一个力可以分解为两个分力,有()种分解答案。
A. 1 个 B. 2 个 C. 几个 D. 无穷多
- 2. 光滑接触面约束对被约束物体产生的约束反力个数是()。
A. 1 个 B. 2 个 C. 3 个 D. 无法确定

四、绘图题

- 1. 如图 1-6 所示折杆上的两端点各加一个力,使折杆处于平衡。



图 1-6

- 2. 画出图 1-7 所示各单个物体的受力图。

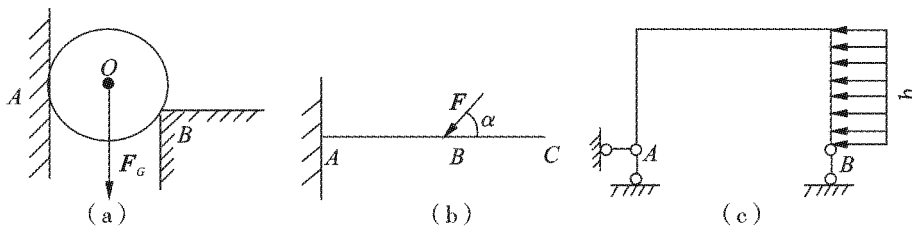


图 1-7

第一章 受力分析绘制受力图



3. 画出如图 1-8 所示物体系统中各指定物体的受力图。

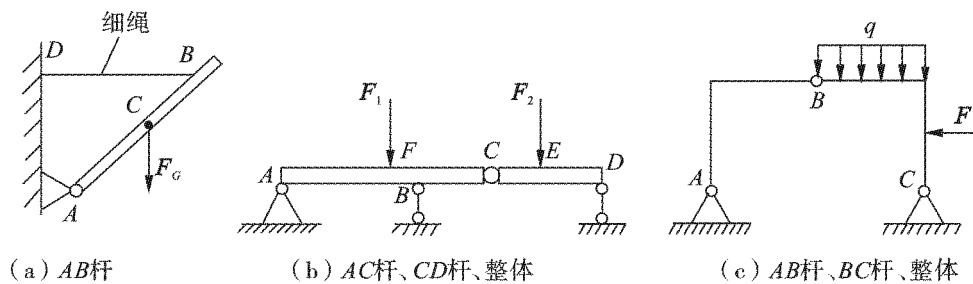


图 1-8

五、计算题

1. 如图 1-9 所示, 已知 $F_1 = 10 \text{ kN}$, $F_2 = 16 \text{ kN}$, $F_3 = 10 \text{ kN}$, $F_4 = 5 \text{ kN}$, $F_5 = 10 \text{ kN}$, 各力的作用点的坐标如图所示, 分别计算每个力的两个投影以及每个力对 O 点的力矩。

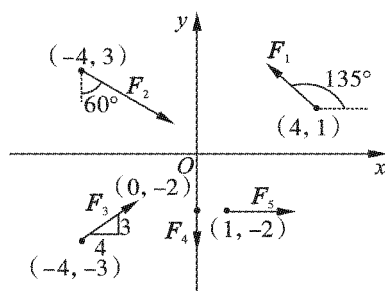


图 1-9

2. 如图 1-10 所示, 已知 $F_1 = F'_1 = 10 \text{ kN}$, $F_2 = F'_2 = 10 \text{ kN}$, $M_3 = 30 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 求这几个力偶的力偶矩。

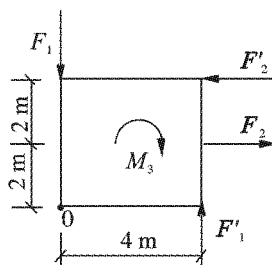


图 1-10



六、简答题

1. 力学中所说的约束的含义是什么？什么是约束反力？什么是主动力？

2. 什么是二力杆？二力杆的受力特点是什么？

3. 请读者在学习过本节内容后填写表 1-1。

表 1-1 工程中常见的平面约束一览表

约束名称	约束构造	约束功能	约束简图	约束反力画法	未知量数目
柔体约束					
光滑接触面约束					
光滑圆柱铰链约束					
链杆约束					
固定铰支座					
可动铰支座					
固定端支座					
链杆支座					

【练习题答案】

一、判断题

1. × 2. √ 3. × 4. √ 5. × 6. √

二、填空题

1. 大小 方向 作用点 2. 静止 匀速直线运动 3. 等值 反向 共线 4. 逆时针 5. 可动铰支座 固定铰支座 固定端支座

第一章 受力分析绘制受力图

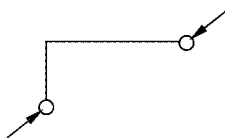


三、选择题

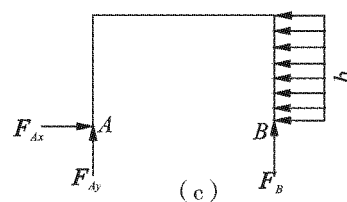
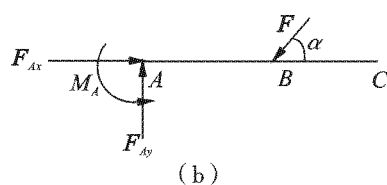
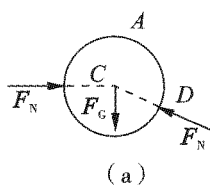
1. D 2. A

四、绘图题

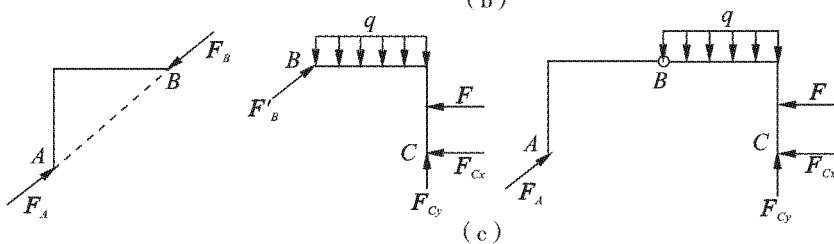
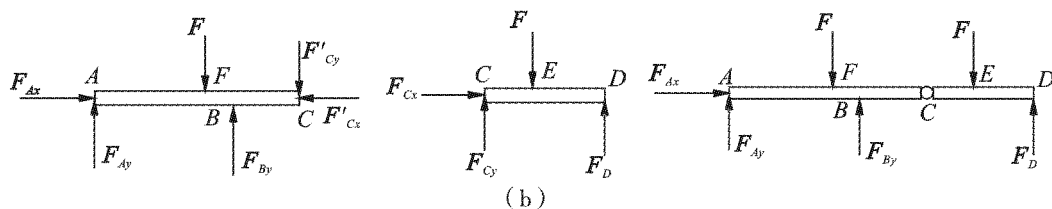
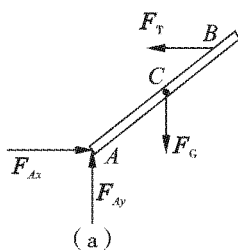
1.



2.



3.



五、计算题

1. ① $X_1 = -10 \cos 45^\circ = -10 \times 0.707 = -7.07 \text{ kN}$

$$Y_1 = 10 \sin 45^\circ = 10 \times 0.707 = 7.07 \text{ kN}$$

$$X_2 = 16 \cos 30^\circ = 16 \times 0.866 = 13.86 \text{ kN}$$

$$Y_2 = -16 \sin 30^\circ = -16 \times 0.5 = -8 \text{ kN}$$

$$X_3 = 10 \times \frac{4}{5} = 10 \times 0.8 = 8 \text{ kN}$$



$$Y_3 = 10 \times \frac{3}{5} = 10 \times 0.6 = 6 \text{ kN}$$

$$X_4 = 0$$

$$Y_4 = -5 \text{ kN}$$

$$X_5 = 10 \text{ kN}$$

$$Y_5 = 0$$

② F_1, F_2, F_3 的力臂不容易求解, 因此采用合力矩定理求各力的力矩。

$$M_O(F_1) = 7.07 \times 1 + 7.07 \times 4 = 35.35 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_O(F_2) = -13.86 \times 3 + 8 \times 4 = -9.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_O(F_3) = 8 \times 3 - 6 \times 4 = 0$$

$$M_O(F_4) = 0$$

$$M_O(F_5) = 10 \times 2 = 20 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$2. M_1 = 40 \text{ kN} \cdot \text{m}, m_2 = 20 \text{ kN} \cdot \text{m}, m_3 = -30 \text{ kN} \cdot \text{m}。$$

六、简答题 略