



工程力学学习指导

Gongcheng Lixue Xuexi Zhidao

◎主 编 陈美婷 张 慧



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

工程力学学习指导

主 编 陈美婷 张 慧

副主编 李 芳 黄军霞 柴艳荣

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

书中突出了基本概念、原理、方法,并且注重对实际问题的分析,以提高解决问题的能力。全书共有 11 章,每章均包括教学目的、学习指导、思考与解答、补充习题四部分。

本书可供高等院校机械及机电一体化、数控技术、建筑设备、给水排水等专业的教师与学生使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

工程力学学习指导/陈美婷,张慧主编. —北京:北京理工大学出版社,
2014. 6

ISBN 978 - 7 - 5640 - 9360 - 0

I. ①工… II. ①陈… ②张… III. 工程力学 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 123403 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 9.5

字 数 / 195 千字

版 次 / 2014 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 / 25.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 周瑞红

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书根据高等教育教学的特点及专业要求，对内容进行了概括总结、加工提炼，从而提出了每一章的重点和难点。书中强调并体现了对于基本概念、基本原理、基本方法的了解和掌握的要求，尤其是注重了对学生分析工程实际问题、解决工程实际问题能力的培养。为了使能够更深入透彻地掌握教材内容，书中还补充了一些具有代表性的例题。

本书共分 11 章，每章内容包括：教学目的；学习指导；思考与解答；补充习题 4 个部分。

本书为《工程力学》配套教材，可供高等院校机械及机电一体化、数控技术、建筑设计、给水排水等专业的教师与学生使用。

限于编者水平，加之时间仓促，对书中存在的缺点、错误和不足之处，希望读者批评指正。

目 录

第1章 静力学基础	1
教学目的	1
学习指导	1
思考与解答	5
补充习题	8
第2章 平面力系的合成与平衡	11
教学目的	11
学习指导	11
思考与解答	19
补充习题	26
第3章 空间力系的合成与平衡	28
教学目的	28
学习指导	28
思考与解答	37
补充习题	41
第4章 刚体定轴转动	43
教学目的	43
学习指导	43
思考与解答	46
补充习题	48
第5章 轴向拉伸与压缩	50
教学目的	50

学习指导	50
思考与解答	60
补充习题	64
第 6 章 剪切与挤压	66
教学目的	66
学习指导	66
思考与解答	70
补充习题	72
第 7 章 圆轴的扭转	74
教学目的	74
学习指导	75
思考与解答	87
补充习题	95
第 8 章 平面弯曲内力	97
教学目的	97
学习指导	97
思考与解答	104
补充习题	109
第 9 章 弯曲强度和刚度	111
教学目的	111
学习指导	111
思考与解答	120
补充习题	124
第 10 章 应力状态 强度理论 组合变形	127
教学目的	127
学习指导	127
思考与解答	134
补充习题	140

第 11 章 压杆稳定与疲劳破坏等	143
教学目的.....	143
学习指导.....	143
思考与解答.....	144
补充习题.....	144
参考文献.....	145

第 1 章

静力学基础

教 学 目 的

目的要求

- (1) 深入理解力、平衡、刚体、约束的概念。
- (2) 掌握静力学四个公理及两个推论的内容和应用范围。
- (3) 掌握柔性约束、光滑接触面约束、圆柱铰链约束的约束特征和约束反力的规律。
- (4) 熟练掌握受力图的绘制方法。

重点难点

重点：(1) 力、平衡、刚体等概念。

(2) 静力学公理及其推论。

(3) 常见约束的特征及其约束反力的确定。

(4) 单个物体及简单物体体系的受力分析，受力图的绘制。

难点：(1) 约束的概念，尤其是光滑圆柱铰链约束的特征及其约束反力的确定。

(2) 物体的受力分析并画出正确的受力图。

学 习 指 导

一、基本概念

(1) 力：力是物体之间的相互机械作用，这种作用使物体的运动状态发生改变，或使物体产生变形。

(2) 外效应：力的外效应是力使物体改变运动状态的效应。

(3) 内效应：力的内效应是力使物体产生变形的效应。

(4) 力是矢量，用 F 表示。

(5) 力的三要素：力对物体的作用效应取决于力的大小、方向和作用点。

(6) 平面力系：所有力的作用线在同一平面。

(7) 汇交力系：所有力的作用线汇交于同一点。

(8) 平行力系：所有力的作用线都相互平行。

(9) 力在直角坐标轴上的投影为：

$$\begin{cases} F_x = \pm F \cos \alpha \\ F_y = \pm F \sin \alpha \end{cases} \quad (1-1)$$

式中， α 为力 F 与轴所夹锐角，其投影的正、负号取决于 F 所在的象限。

(10) 平衡：物体的平衡总是暂时的、相对的，绝对的平衡是不存在的。

(11) 刚体：刚体是指在力作用下体积和形状都不会改变的物体，其内部任意两点间距离始终保持不变。这是一个理想化的力学模型。

(12) 约束：约束是限制物体运动的物体。

(13) 约束力：约束力是约束阻碍物体运动趋向的力。

(14) 受力图：受力图是在分离体上画出所受的全部外力的图形。

(15) 柔性约束：绳索、链条和胶带等柔性体当用于阻碍物体的运动时，叫做柔性约束。

(16) 柔性约束的特征是：限制物体沿柔性体伸长方向的运动，只能给物体提供拉力，用符号 T 表示。

(17) 光滑接触面约束：当两物体接触面上的摩擦力很小，可以略去不计时，即构成光滑接触面约束。

(18) 光滑接触面约束的特征是：光滑接触面的约束力的作用线，沿接触面公法线方向，指向被约束的物体，恒为压力，称为法向约束力，常用 F_N 表示。

(19) 圆柱铰链约束：圆柱形铰链约束是指两个带有圆孔的物体，用光滑圆柱形销钉相连接。受约束的两个物体都只能绕销钉轴线转动，此时，销钉便对被连接的物体沿垂直于销钉轴线方向的移动形成约束。

(20) 受力分析：受力分析是指对研究对象上所有受力的大小和方向的分析过程。

(21) 受力图：受力图是指在分离体上画上物体所受的全部主动力和约束力。

(22) 载荷按作用性质可分为静力载荷和动力载荷，简称静载荷和动载荷。

(23) 载荷按作用范围可分为集中载荷和分布载荷。

(24) 载荷按作用时间长短可分为恒定载荷和活动载荷。

二、公式与定理

(1) 二力平衡公理：作用在同一刚体上的两个力，使刚体平衡的必要与充分条件是：此两力必须大小相等、方向相反、且作用在同一条直线上，即 $F_1 = -F_2$ (图 1-1)。

(2) 加减平衡力系公理：对于作用在刚体上的任何一个力系，可以增加或去掉任一平衡力系，并不改变原力系对于刚体的作用效应。

推论 力的可传性原理：刚体上的力可沿其作用线移动到该刚体上任一点而不改变此力对刚体的作用效应。

(3) 力的平行四边形公理：作用于物体上同一点的两个力的合力也作用于该点，且合力的大小和方向可用这两个力为邻边所作的平行四边形的对角线来确定。

推论 三力平衡汇交原理：刚体受三个共面但互不平行的力作用而平衡时，三力必汇交于一点。

(4) 作用与反作用公理：两物体间相互作用的力总是同时存在，并且两力等值、反向、共线，分别作用于两个物体。这两个力互为作用与反作用的关系。

(5) 力在坐标轴上的投影是力矢量的代数表示。合力与分力在同一轴上的投影关系为

$$\begin{cases} F_{Rx} = \sum F_x \\ F_{Ry} = \sum F_y \end{cases} \quad (1-2)$$

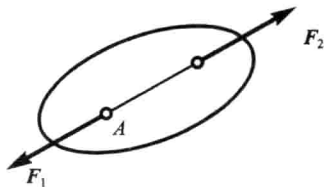


图 1-1 二力平衡

三、画受力图的一般步骤

(1) 确定研究对象，取分离体。按问题的条件和要求，确定所研究的对象（它可以是一个物体，也可以是几个物体的组合或整个系统），解除与研究对象相连接的其他物体的约束，用简单几何图形表示出其形状特征。

(2) 画主动力。在分离体上画出该物体所受到的全部主动力，如重力、风载、水压、油压、电磁力等。

(3) 画约束力。在解除约束的位置，根据约束的不同类型，画出作用的全部约束力。

(4) 根据前面所学的有关知识，检查受力图画得是否正确。

四、画受力图的关键

(1) 明确研究对象。首先要明确画哪个物体的受力图，然后把与它相联系的一切约束去掉，将它单独画出来。

(2) 研究对象所受的力要全部画出来。除重力、电磁力等少数几种力以外，物体之间都是通过直接连接才会出现相互作用的力。因此，凡研究对象与其他物体连接之外，一般都受到力的作用，千万不要遗漏。

(3) 按约束类型和约束性质来确定约束力。什么样的约束，必定产生什么样的约束力。所以，必须清楚地掌握各种约束的性质。

(4) 注意作用与反作用的关系。作用力的方向一旦确定，反作用力的方向必定与它相

反,不能再随意假设。此外,在以几个物体构成的物体系统为研究对象时,系统中各物体间成对出现的相互作用力不再暴露,故不要画出来。

(5) 画受力图时,通常应先找出二力杆或二力构件,画出它的受力图,然后再画其他的物体的受力图。

五、画受力图

【例 1-1】试画出图 1-2 中 (a)、(b) 两情形下各物体的受力图。

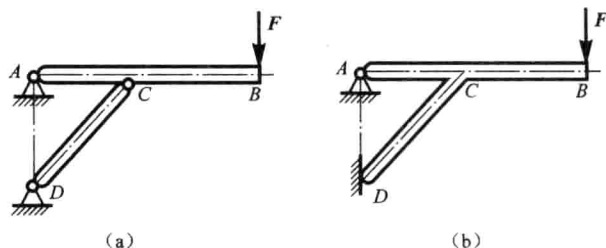


图 1-2

解: 图 (a) 的受力图如下:

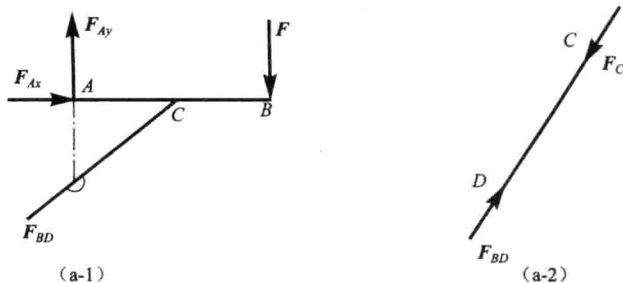
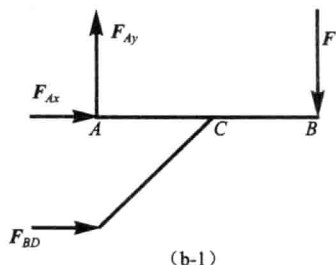


图 (b) 的受力图如下:



【例1-2】试画出图1-3连续梁中的AC和CD梁的受力图。

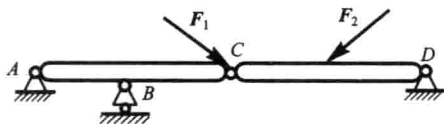
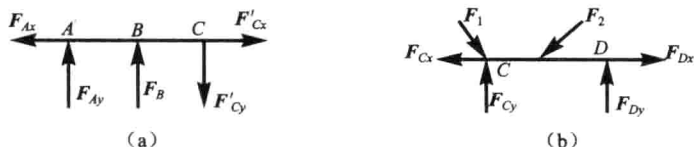


图1-3

解：连续梁中的AC和CD梁的受力图如下所示：



思考与解答

1. 力是物体间相互的_____作用，这种作用使物体的_____和_____发生改变。力使物体的运动状态发生改变称为力的_____；使物体的形状尺寸发生改变称为力的_____。

答：机械 运动状态 形状尺寸 外效应 内效应

2. 平衡力系是合力等于_____的力系；物体在平衡力系作用下总是保持_____或_____运动状态；_____是最简单的平衡力系。

答：零 静止 均匀直线 二力平衡

3. 限制物体运动的_____称为该物体的约束，促使物体产生运动或运动趋势的力称为_____，限制物体运动或运动趋势的力称为_____。约束力的方向与物体运动或运动趋势的方向_____。

答：周围物体 主动力 约束力 相反

4. 在构件的分离体上，按已知条件画出_____力；按不同约束模型的约束力的方向、指向和表示符号画出全部_____力，得到的图称为构件的受力图。

答：主动 约束

5. 试画出图1-4中各物体的受力图。

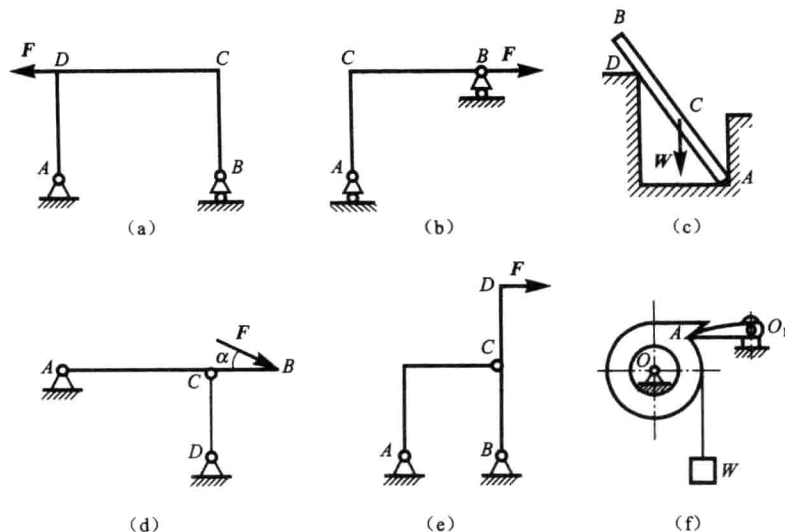
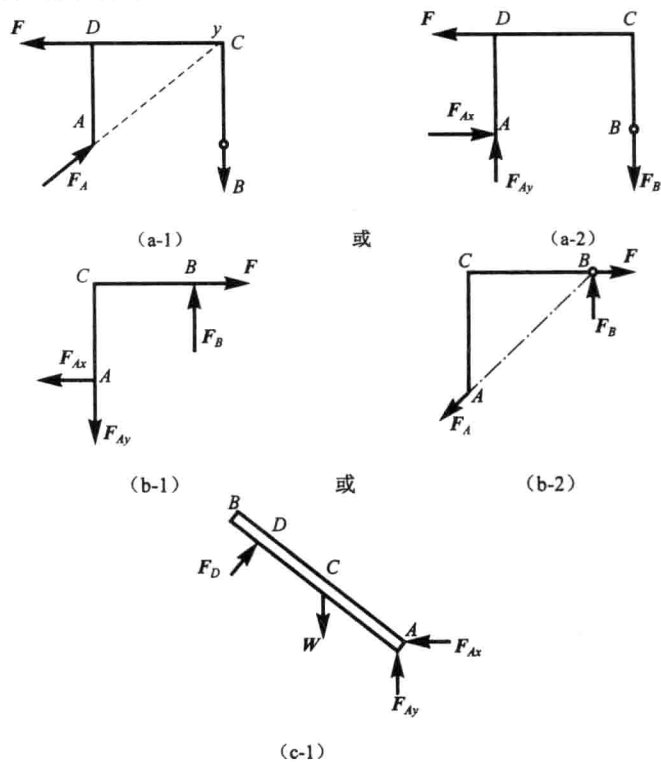
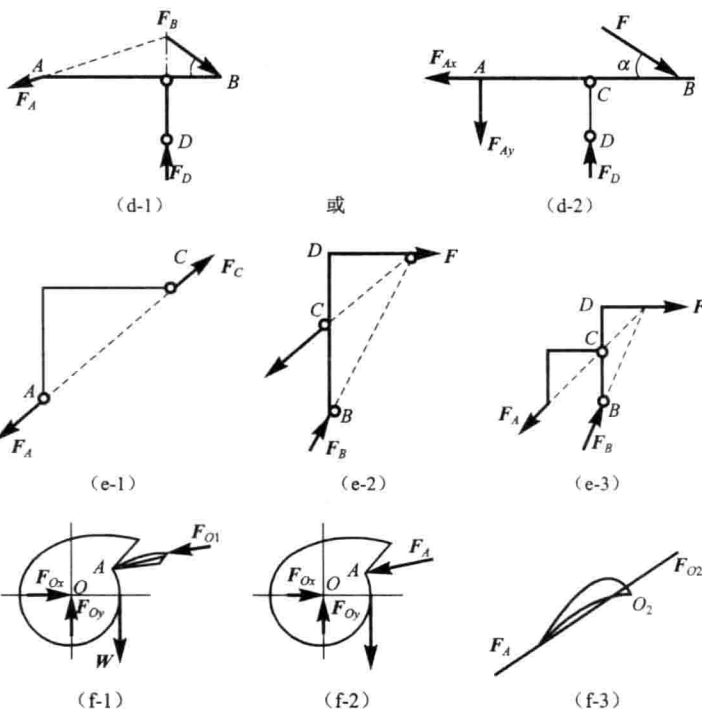


图 1-4

答：图中各物体的受力图如下所示：





6. 图 1-5 中的梯子 AB 重为 G ，在 C 处用绳索 CD 拉住， A 、 B 处分别搁在光滑的墙及地面上，试画出梯子的受力图。

答：以梯子 AB 为研究对象，将其单独画出。作用在梯子上的主动力是已知的重力 G ，重力 G 作用在梯子的中点上，铅垂向下；光滑墙面的约束力是 F_{NA} ，它通过接触点 A ，垂直于梯子并指向梯子；光滑地面的约束力是 F_{NB} ，它通过接触点 B ，垂直于地面并指向梯子；绳索的约束力是 T_C ，其作用于绳索与梯子的接触点 C ，沿绳索中心线，背离梯子。梯子 AB 的受力图如图 1-5 (a) 所示。

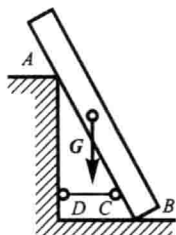


图 1-5

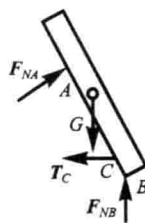


图 1-5 (a)

补充习题

1. 力沿某轴的分力与在该轴上的投影两者有何区别? 力沿某轴的分力的大小是否总是等于在该轴上的投影的绝对值?

2. 物体间相互的机械作用, 总是大小相等、方向相反、作用线相同, 作用在一个物体上是否正确?

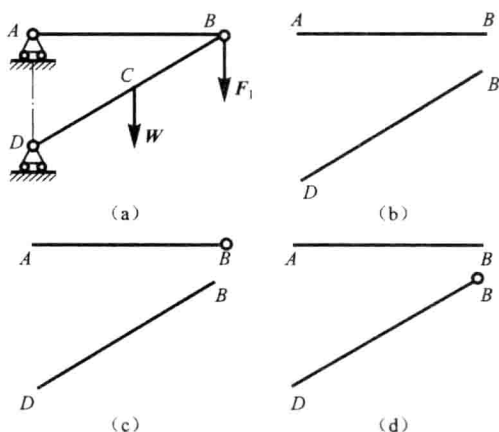


图 1-6

3. 何谓平衡力系、等效力系、合力和分力?

4. 说明下列等式的意义与区别。

$$\begin{cases} F_1 = F_2 \\ F_1 = -F_2 \end{cases} \quad \begin{cases} F_R = F_1 + F_2 \\ F_R = F_1 - F_2 \end{cases}$$

5. 图 1-6 (a) 所示为三角架结构。力 F_1 作用在 B 铰上。杆 AB 不计自重, 杆 BD 杆自重为 W 。试画出图 (b)、(c)、(d) 所示的隔离体的受力图。

6. 试画出图 1-7 中各物体的受力图 (物体重量除图上已注明者外, 均省略不计。假设接触处都是光滑的)。

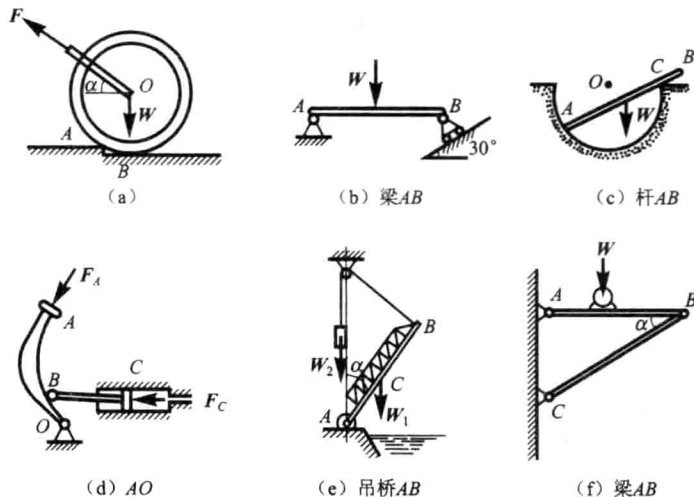


图 1-7

7. 试画出图 1-8 中各物体的受力图。

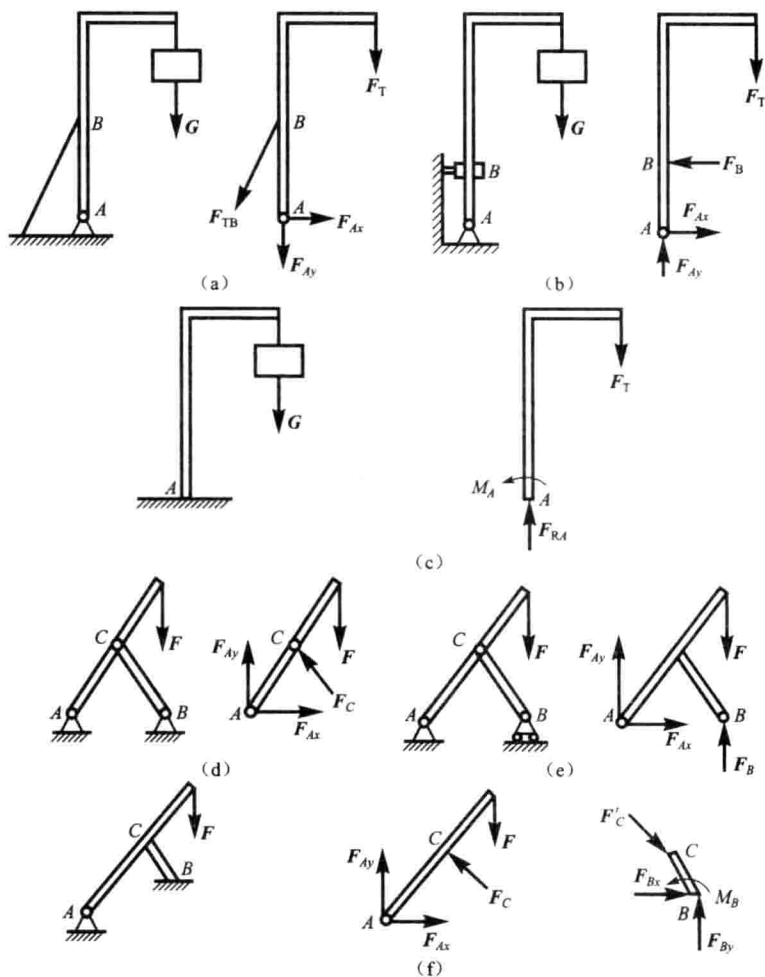


图 1-8

8. 画出在图 1-9 中所示各构件的约束力。

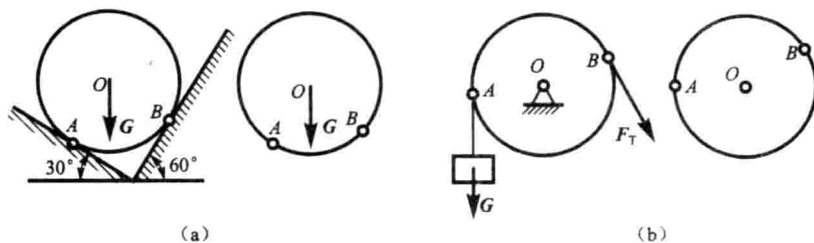


图 1-9

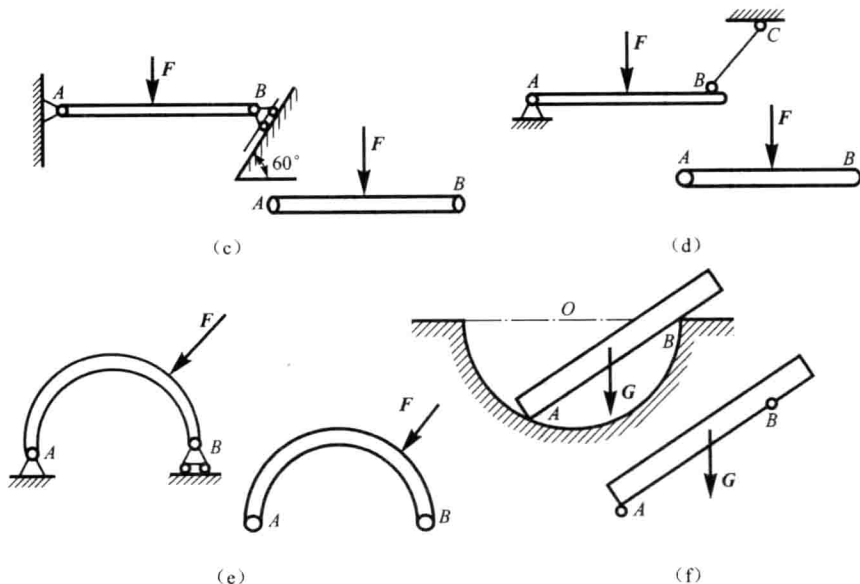


图 1-9

9. 图 1-10 中各物体的受力图是否有错？如有错，请改正。

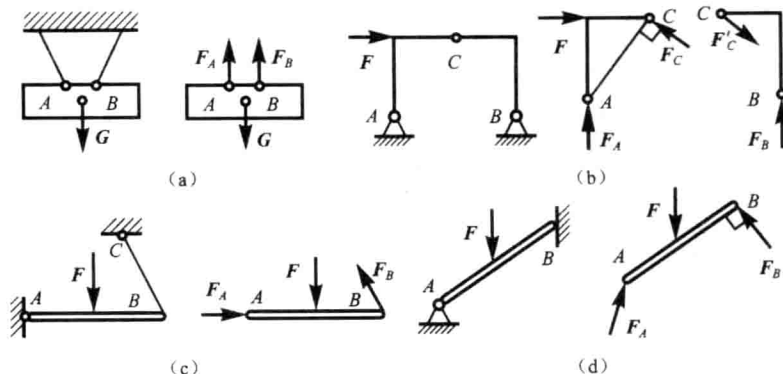


图 1-10

10. 设在刚体上 A 点作用 F_1 、 F_2 、 F_3 三个力如图 1-11 所示，其大小均不为零，其中 F_1 、 F_2 共线，问此三力能否保持平衡？

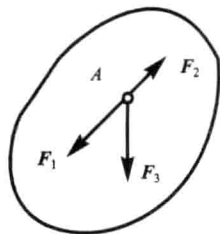


图 1-11 题 10 示意图