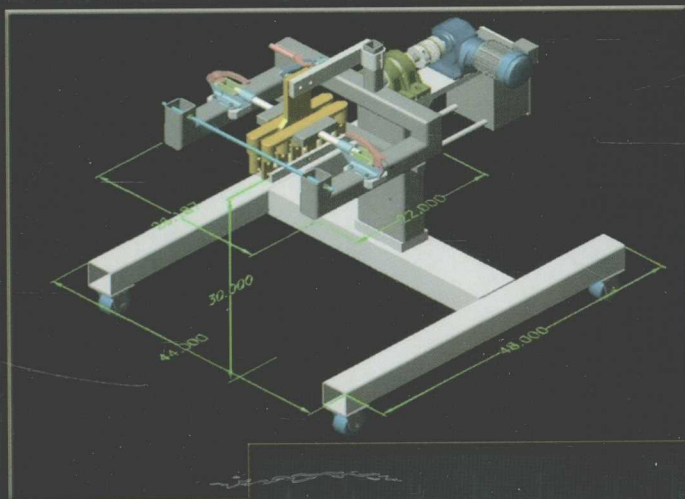





全国高等院校应用型规划教材

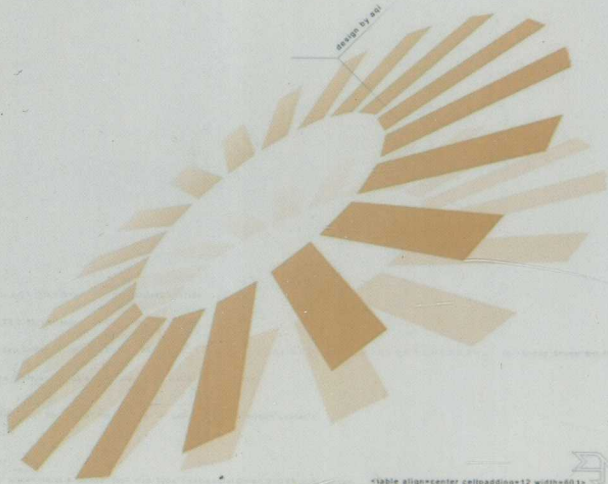
# 机械基础

主 编 万文艳 刘 瑛



 哈尔滨工业大学出版社

责任编辑：田新华  
封面设计：铭智文化



```
<table align=center cellpadding=12 width=601>  
*1 NETDI: Examining class Net  
*2 NETDI: dll FirstTimeSetup  
*3 NETDI: Setting FirstBootUpgrade=1  
*4 NETDI: ChangeLine: No matches found  
*5 NETDI: File information for C:\WINDOWS\SYSTEM\sock32.dll  
*6 NETDI: File not found  
*7 NETDI: File information for C:\WINDOWS\WINSOCK.DLL
```

ISBN 978-7-5603-2980-2



9 787560 329802 >

定价：30.00元



# 机械基础

主 编 万文艳 刘 瑛

 哈尔滨工业大学出版社

## 内容简介

本书是根据高职高专机械类人才培养目标和教学特色,围绕高等职业技术学校机械专业教学大纲规定的教学内容,本着理论够用、强调应用的原则,按照语言通俗易懂、知识体系完整的要求组织编写。为使学生在较短的时间内掌握机械的基础知识,提高综合运用理论知识、解决实际问题的能力,本书把“理论力学”、“材料力学”、“金属材料及热处理”、“机械基础”等课程的相关内容有机地综合在一起,形成新的教材体系。本书主要内容包括构件的静力分析基础、构件的基本变形及强度计算、机械工程材料、常用机构、机械传动、轮系、轴系零部件及练习题等。

本书可作为高等职业技术学校机械及近机械专业的教材,也可作为各类成人高校及专科自学考试教材,同时也可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械基础/万文艳,刘瑛主编. —哈尔滨:

哈尔滨工业大学出版社,2010.2

ISBN 978-7-5603-2980-2

I. ①机… II. ①万…②刘… III. ①机械学 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 232150 号

责任编辑 田新华

封面设计 铭智文化

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 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 787mm×960mm 1/16 印张 15.5 字数 417 千字

版 次 2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-2980-2

定 价 30.00 元

---

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

# 前言

本教材依据高等职业技术学校的机械专业教学大纲编写而成。对机械类专业所需的基础知识进行介绍。本书内容全面，综合性强。针对高等职业教育以能力为本，突出职业技能培养的特点，本书注重机械传动的特点、应用及工作强度的分析，考虑零部件的结构特点和失效形式，强调工程应用，注重实践能力和动手能力培养，可操作性强。本教材各节中增设了“教学目标”，这有利于教师辅导和学生学习，有助于考生系统地学习该课程的基本概念、基本理论，加强对基本知识的理解，同时提高分析问题和解决问题的能力。这也是编者编写这本教材的指导思想。

在编写过程中，本教材注重机械专业学生应掌握的基本知识，尽量避开繁琐的公式推导，采用简明易懂的插图，如立体图、结构简图等，便于学生对教材内容的理解。注重教材各部分知识的联系，内容前后呼应，保证知识的连续性和系统性。本教材中的物理量及图形符号均采用最新的国家标准。

本教材涵盖了机械类专业所涉及的工程材料、机械原理、机械零件等课程的主要知识。主要内容与要求如下：

(1) 构件的静力分析。了解静力学基本知识、理解力的平衡规律，能利用力系的平衡条件求未知力。

(2) 构件的基本变形。了解杆件变形的基本形式，能利用强度条件进行计算。

(3) 机械工程材料。熟悉常用金属材料的性能、牌号、热处理工艺及应用。

(4) 常用机构。理解常用机构的类型、结构特点及应用。

(5) 带传动与链传动。理解常用传动的类型、工作原理、参数计算及应用。

(6) 齿轮传动。理解常用传动的类型、工作原理、参数计算及应用。

(7) 轮系与减速器。了解轮系和减速器的结构与作用，掌握轮系的传动比计算。

(8) 连接。理解连接的分类、常用的连接方法及其结构特点和应用。

(9) 轴系零部件。理解轴系零部件的类型、功用、结构特点及应用。

学习本课程的一般方法：

(1) 应做到理论联系实际，注重对日常生活和生产实际中所遇到的现象和工程事例等进行观察和分析。

(2) 研究问题应从整体出发，抓住问题的主要矛盾，不要片面、孤立地考虑问题。

本书可作为高等职业技术学校机械及近机械专业教材，也可作为各类成人高校及专科自学考试教材，同时也可供工程技术人员参考。

本教材由万文艳、刘瑛主编，参加本书编写的有：万文艳和陈莉（第1，2，8章），周佩鸣（第3章3.1~3.5节），刘霞（第3章3.7节），李宝茹（第3章3.6节和第4章），万文东（第7章），李惠臣和吴兴民（第5，6章）。本教材由方陆鹏教授和骆素君副教授审稿，在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促，加之编者水平所限，教材中难免有不妥之处，恳请广大教师和读者批评指正。



# 目 录

<b>第 1 章 构件的静力分析基础</b> .....	1
1.1 力及其基本性质 .....	1
1.2 力对点之矩 .....	7
1.3 力偶 .....	9
1.4 平面力系的平衡方程及其应用 .....	11
<b>第 2 章 构件的基本变形及强度计算</b> .....	20
2.1 概述 .....	20
2.2 拉伸与压缩 .....	23
2.3 剪切与挤压 .....	30
2.4 圆轴扭转 .....	34
2.5 弯曲 .....	39
<b>第 3 章 机械工程材料</b> .....	50
3.1 金属材料性能 .....	50
3.2 铁碳合金的基础知识 .....	54
3.3 钢的热处理 .....	58
3.4 工业常用钢铁材料 .....	61
3.5 铸铁 .....	67
3.6 有色金属材料和硬质合金 .....	69
3.7 非金属材料 .....	71
<b>第 4 章 常用机构</b> .....	74
4.1 平面连杆机构 .....	74
4.2 凸轮机构 .....	84
4.3 间歇机构 .....	92
<b>第 5 章 机械传动</b> .....	100
5.1 带传动 .....	100
5.2 链传动 .....	110
5.3 齿轮传动 .....	115
<b>第 6 章 轮系</b> .....	145
6.1 轮系及其分类 .....	145



6.2	定轴轮系传动比的计算	146
6.3	周转轮系传动比的计算	149
6.4	混合轮系传动比的计算	153
6.5	轮系的功用	155
<b>第7章</b>	<b>轴系零部件</b>	<b>159</b>
7.1	键、销及其他连接	159
7.2	轴	172
7.3	轴承	179
7.4	联轴器与离合器	195
<b>第8章</b>	<b>练习题</b>	<b>204</b>
8.1	第1章练习题	204
8.2	第2章练习题	212
8.3	第3章练习题	219
8.4	第4章练习题	222
8.5	第5章练习题	228
8.6	第6章练习题	232
8.7	第7章练习题	235
<b>参考文献</b>		<b>240</b>

# 第1章 构件的静力分析基础

## 1.1 力及其基本性质

### 教学目标

1. 了解：力、力系、平衡、刚体、约束、约束力的概念。
2. 理解：静力学公理、推论的含义。
3. 应用：对物体进行受力分析。

### 1.1.1 静力学的任务

静力学主要研究物体在力系作用下的平衡问题。所谓力系是指作用在物体上的一组力。平衡是指物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态。例如：静止在地面上的厂房、机床的床身、桥梁以及在直线轨道上匀速行驶的列车等都可视为处于平衡状态。

具体地说，静力学主要研究三个问题：

- (1) 物体的受力分析：分析物体受哪些力的作用，以及这些力的作用位置、大小和方向。
- (2) 力系的简化：用一个简单的并与之等效的力系来代替复杂的力系。
- (3) 力系的平衡条件及应用：研究物体平衡时，作用在其上的力系应满足的条件，以及应用这些平衡条件求解未知力，解决工程中的实际问题。

工程中常见的力系，按其作用线是否在同一平面内，可分为平面力系和空间力系两大类，按作用线的相互关系，可分为汇交力系、平行力系和任意力系。如果两个力系对物体的作用效应相同，则这两个力系互称为等效力系。若一个力与一个力系等效，则称这个力为该力系的合力，而该力系中的各力称为该合力的分力。已知分力求其合力的过程称为力的合成，已知合力求其分力的过程称为力的分解。若一力系使物体处于平衡状态，则该力系称为平衡力系。

### 1.1.2 静力学的基本概念

#### 1. 刚体

所谓刚体，是指在外力作用下，形状和大小始终保持不变的物体。这是一个理想化的力学模型，事实上是不存在的。在力的作用下，任何物体都会发生变形，只是变形量的大小不同而已。一般微小变形对所研究物体的平衡问题不起主要作用，可以忽略不计，以使问题的研究得到简化。

在刚体静力学中，所研究的物体均可视为刚体。不考虑物体的变形，所研究的对象视为处于平衡状态，不考虑物体运动状态的改变。

## 2. 力

力是物体间相互的机械作用。这种机械作用使物体的运动状态发生改变，并可使物体发生变形。力使物体的运动状态发生改变称为力的外效应（或力的运动效应）；力使物体发生变形称为力的内效应（或力的变形效应）。

实践证明，力是既有大小又有方向的物理量，是矢量。物体间机械作用的形式多种多样，如重力、压力、摩擦力等。

力对物体的作用效应取决于力的大小、方向和作用点，这三者被称为力的三要素。力的三要素可用一条有向线段表示。线段的长度按一定比例尺表示力的大小，力的国际单位为 [牛顿] (N)，线段的方位和箭头的指向表示力的方向，线段的起始点（或终点）表示力的作用点，如图 1-1 所示。

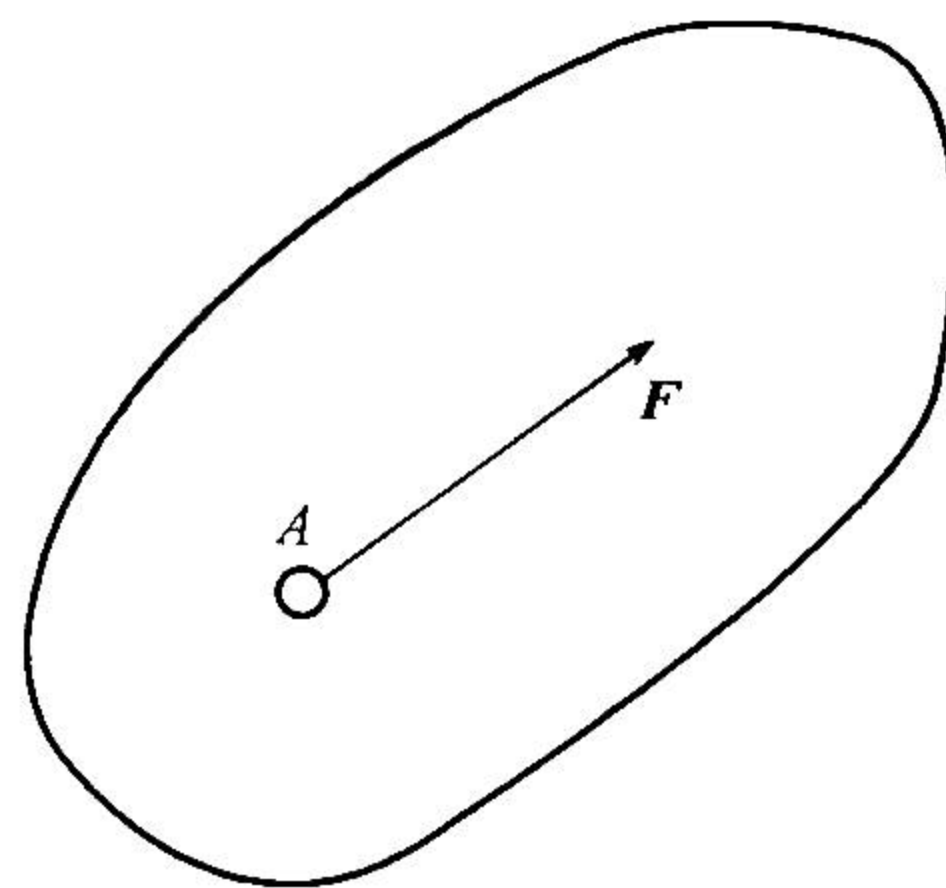


图 1-1 力的表示

### 1.1.3 静力学公理

静力学公理是人们通过长期实践概括、归纳并经过实践反复检验的最基本的静力学的一般规律。

**公理 1 (二力平衡公理)** 作用在同一刚体上的两个力，使刚体保持平衡状态的必要和充分条件是：此二力大小相等、方向相反且作用在同一条直线上。如图 1-2 所示，AB 杆处于平衡状态， $F_1$  与  $F_2$  大小相等、方向相反且作用在同一条直线上；同理，CD 杆处于平衡状态， $F_3$  与  $F_4$  也是一对平衡力。

在工程实际中，把只受两个力而处于平衡状态的构件称为二力构件，当构件呈杆状时，称为二力杆。如图 1-3 中的杆 AC，根据公理 1 的定义，所受的两个力  $F_A$  和  $F_C$  必沿两力作用点的连线，且等值、反向，指向待定，因此，杆 AC 为二力杆。

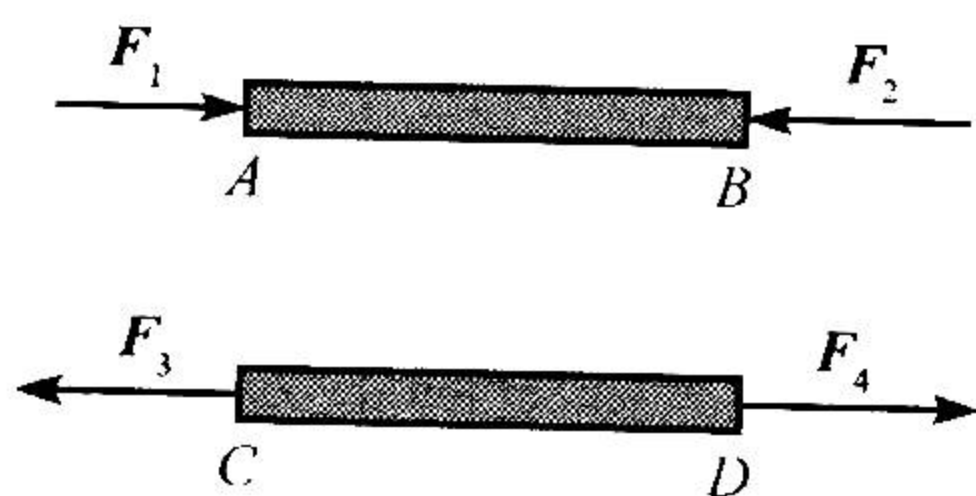


图 1-2 二力平衡

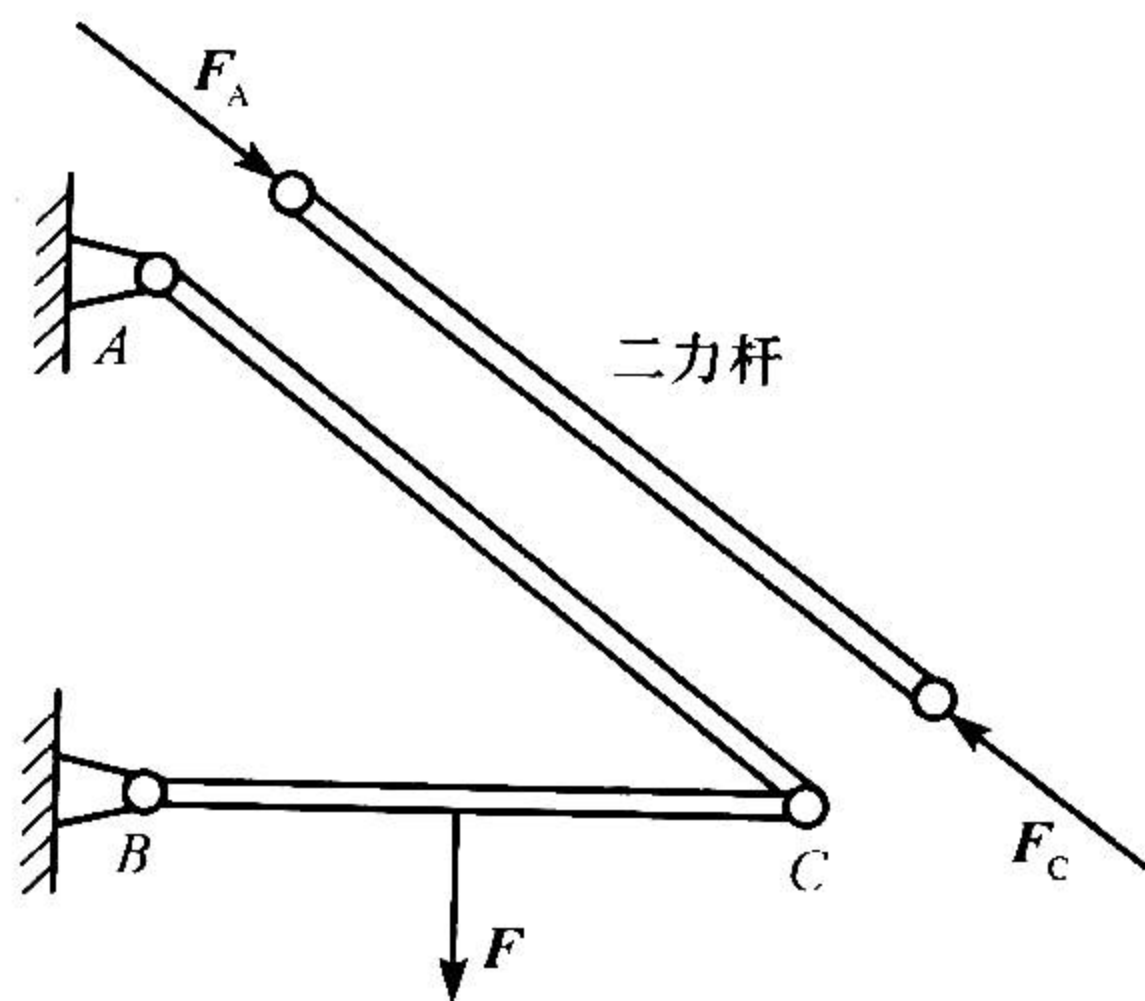


图 1-3 二力杆

此公理只适用于刚体。对于变形体而言，二力平衡公理只是必要条件，但不是充分条件。例如：在绳索两端施加一对等值、反向、共线的拉力时可以平衡，但受到一对等值、反向、共线的压力时就不能平衡了。

**公理 2 (加减平衡力系公理)** 在刚体上加上或者减去任意的平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用。

**推论：力的可传性原理。** 作用在刚体上某点的力，可以沿着它的作用线移动到刚体上任意一点，并不改变该力对刚体的作用。如图 1-4 所示的小车，在 A 点的作用力  $F$  沿着作用线移动到 B 点，作用力  $F$  对小车的作用效果不变。

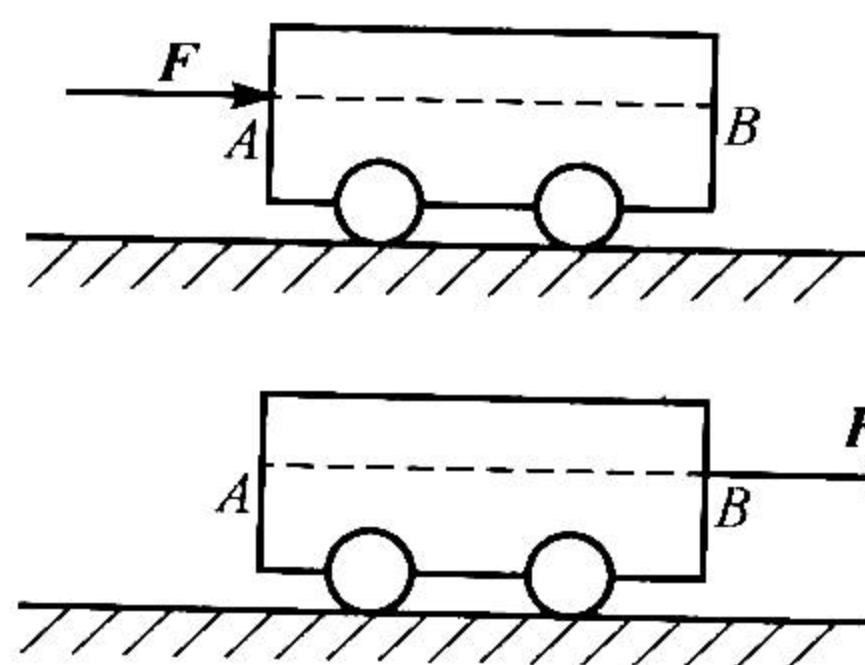


图 1-4 力的可传性原理

加减平衡力系公理和力的可传性原理仅适用于刚体。

**公理 3** (力的平行四边形公理) 作用在物体上同一点的两个力, 可以合成为作用于该点的一个合力, 合力的大小和方向由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线确定。

力可以用平行四边形法则进行合成和分解, 如图 1-5 (a) 所示, 作用在刚体上的二力  $F_1$ 、 $F_2$ , 作用线不平行且汇交于点  $A$ , 它们的合力  $F_R$  即可表示为:  $F_R = F_1 + F_2$ , 合力  $F_R$  与其分力  $F_1$ 、 $F_2$  对刚体有着相同的作用效应。图 1-5 (a) 中的力的平行四边形, 可以简化为三角形, 如图 1-5 (b) 所示, 将二分力首尾相接, 则与分力首尾相对的第三边即为所求之合力  $F_R$ 。这样得到的三角形, 称为力三角形。

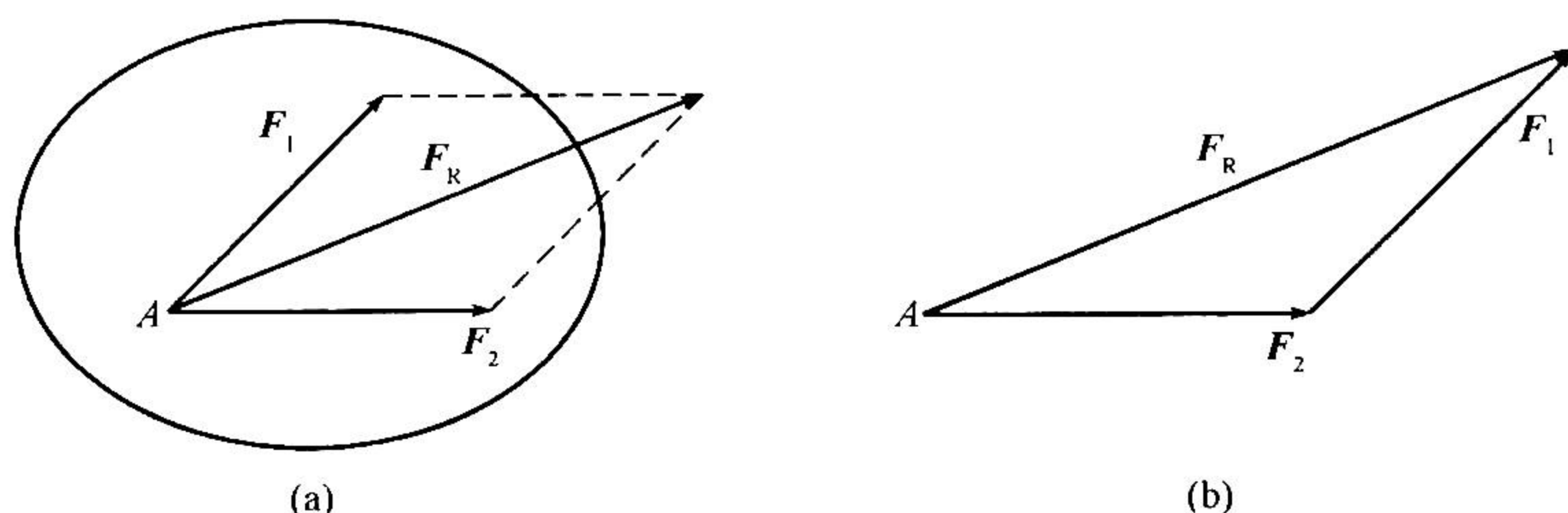


图 1-5 力的合成

(a) 力的平行四边形; (b) 力三角形

**推论:** 三力平衡汇交定理。作用在刚体上三个相互平衡的力, 若其中两个力的作用线汇交于一点, 则第三个力的作用线通过汇交点。如图 1-6 所示。

**公理 4** (作用与反作用公理) 两个物体间的作用力与反作用力总是同时存在, 且大小相等, 方向相反, 沿同一条直线, 分别作用在这两个物体上。

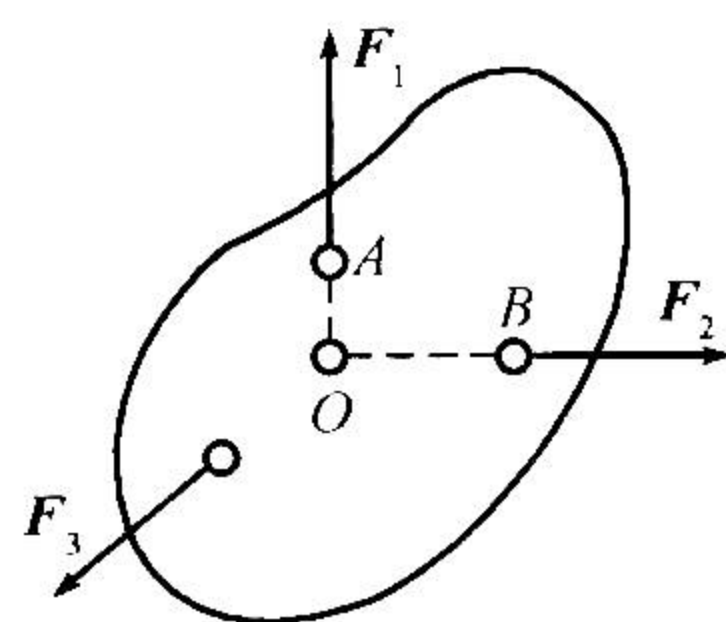


图 1-6 三力平衡汇交定理

此公理说明力永远是成对出现的, 物体间的作用总是相互的, 有作用力就必有反作用力, 它们互相依存, 同时出现, 同时消失, 分别作用在相互作用的两物体上。必须强调的是, 作用力与反作用力公理中所讲的两个力, 决不能与二力平衡公理中的两个力混淆, 前者描述两物体间的相互作用关系, 力分别作用在两个物体上, 而后者叙述的是在同一物体上的二力的平衡条件。

#### 1.1.4 约束和约束力

凡是在空间的位置不受任何限制、可以作任意运动的物体称为自由体, 如在空间飞行的飞机、炮弹和火箭等。凡是因为受到周围其他物体的限制而不能沿某些方向运动的物体称为非自由体, 如机车、机床的刀具等。非自由体的运动受到的是周围物体的限制。限制物体运动的周围物体, 称为约束。约束作用于物体的力, 称为约束力。约束力限制了物体可能产生的某种运动。如图 1-7 中的钢索就是重物的约束, 重物受地球引力  $W$  作用, 有向下的运动趋势, 钢索作用于重物的约束力  $F_T$ , 限制了重物向下运动的趋势。

约束力的作用点是约束与被约束物体的接触点。约束力的方向总是与该约束所能限制的运动方向相反。约束力是被动力, 其大小取决于物体受到的主动力。例如图 1-7 中钢索作用于重物的拉力  $F_T$  的大小取决于重物所受的地球吸引力  $W$ 。

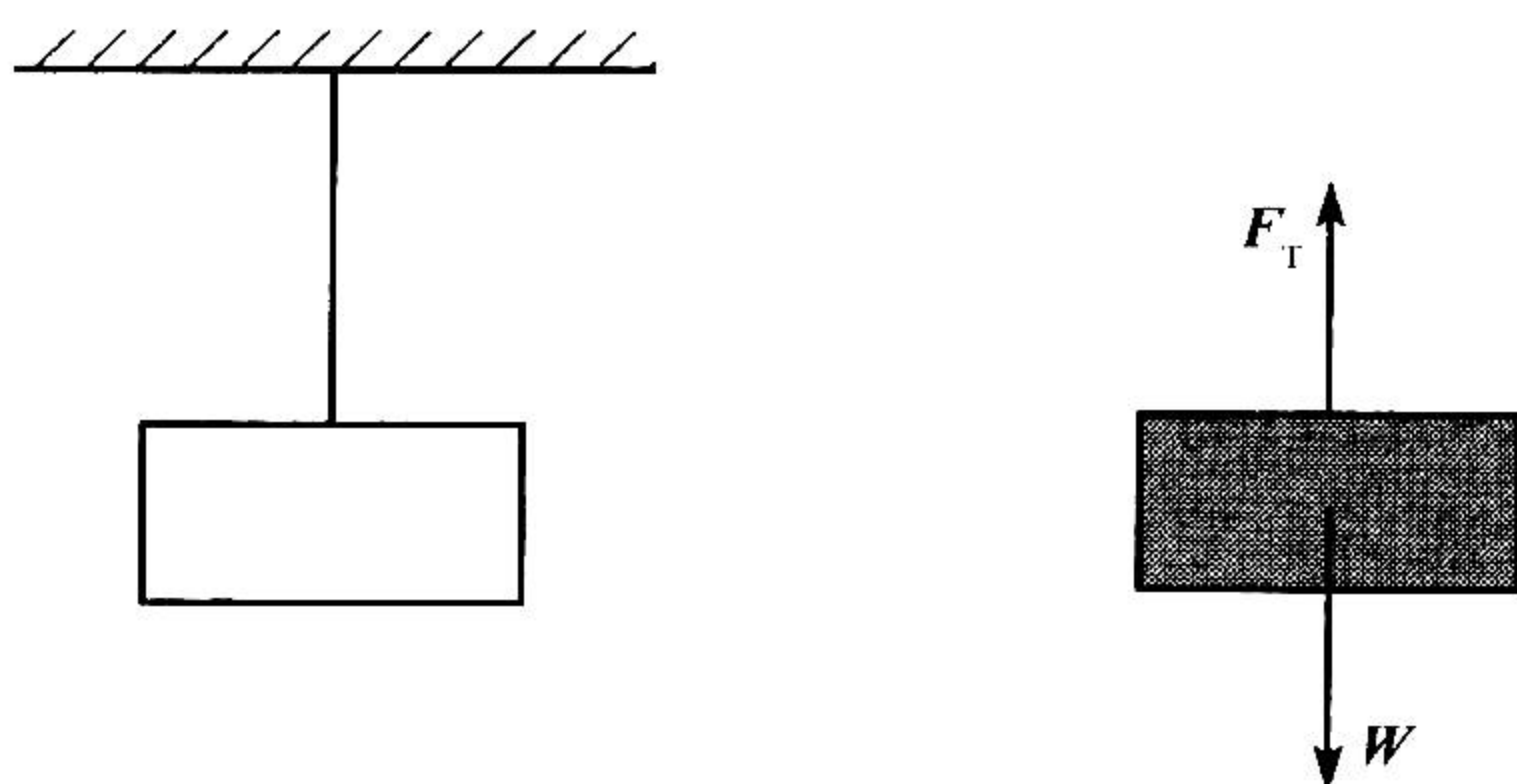


图 1-7 约束力

### 1.1.5 约束的基本类型

#### 1. 柔性约束

由绳索、皮带、链条等物体所构成的约束称为柔性约束。此类约束只能是拉力，不能是压力，故其约束力只能是作用在接触点上，方向沿柔性体背离被约束体，如图 1-8 所示，绳索对重物的拉力  $F_1$ 、皮带对带轮的拉力  $F_{T1}$  和  $F_{T2}$ 。

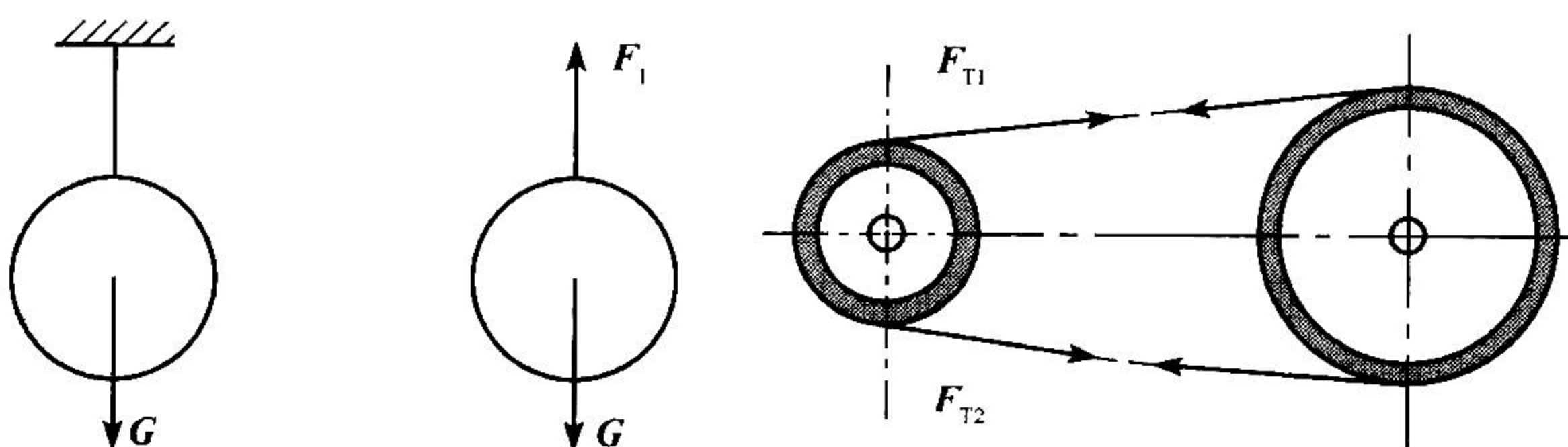


图 1-8 柔性约束

#### 2. 光滑面约束

不考虑接触面间的摩擦时，光滑平面或曲面对被约束体所构成的约束称为光滑面约束。光滑面约束只能限制被约束体沿接触面公法线方向朝向约束的运动，故约束力是沿接触处的公法线且指向被约束体的压力。如图 1-9 所示，V 型块对圆柱工件的约束力  $F_{NA}$  和  $F_{NB}$ ，约束力方向由接触点指向工件圆心。

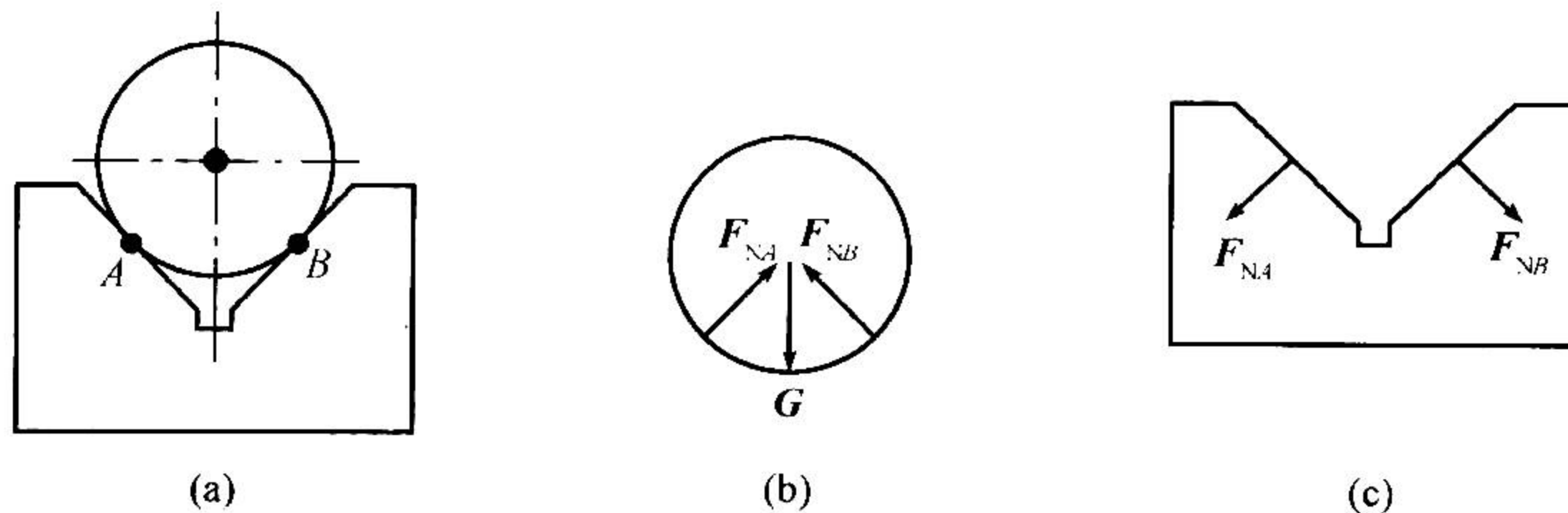


图 1-9 光滑面约束

#### 3. 铰链约束

两个带有圆孔的物体，采用光滑圆柱销连接而形成的约束称为铰链约束。铰链约束有以下几种形式：

(1) 固定铰链支座。当铰链连接的构件中有一构件为固定构件（支座）时构成的约束称为

固定铰链支座。该约束只允许物体绕铰链中心转动，约束力的作用点在圆柱销与构件孔的接触处，其方向必定通过铰链中心。如图 1-10 所示，假定接触点在 A 处，为方便起见，固定铰链的约束力可用两个正交分力  $F_{Ax}$ 、 $F_{Ay}$  表示。

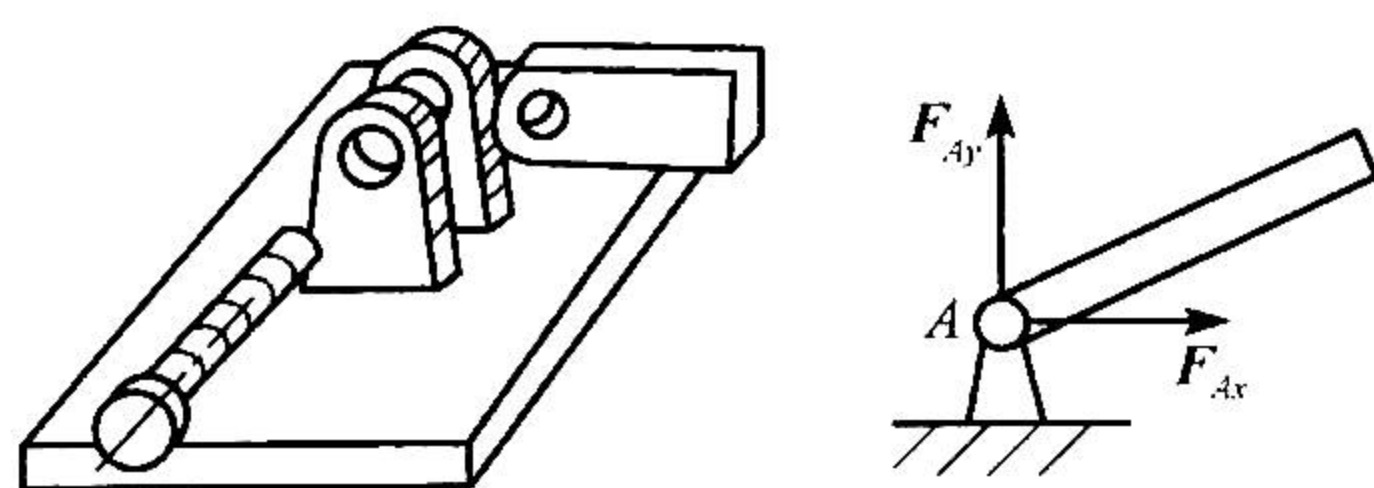


图 1-10 固定铰链支座

(2) 中间铰链。当铰链连接的两构件均为活动构件时构成的约束称为中间铰链。中间铰链的约束力为通过圆销中心的大小、方向均未定的力，同样也可由两个正交的分力  $F_x$ 、 $F_y$  表示。如图 1-11 所示，两构件用圆柱销 C 连接， $F_{Cx}$ 、 $F_{Cy}$  表示孔 C 处的约束力。

(3) 滚动铰链支座。如图 1-12 所示。它可以沿支承面滚动，故只能限制物体在铰接处垂直于支承面的运动，约束力的作用线通过铰链中心且垂直于支承面。

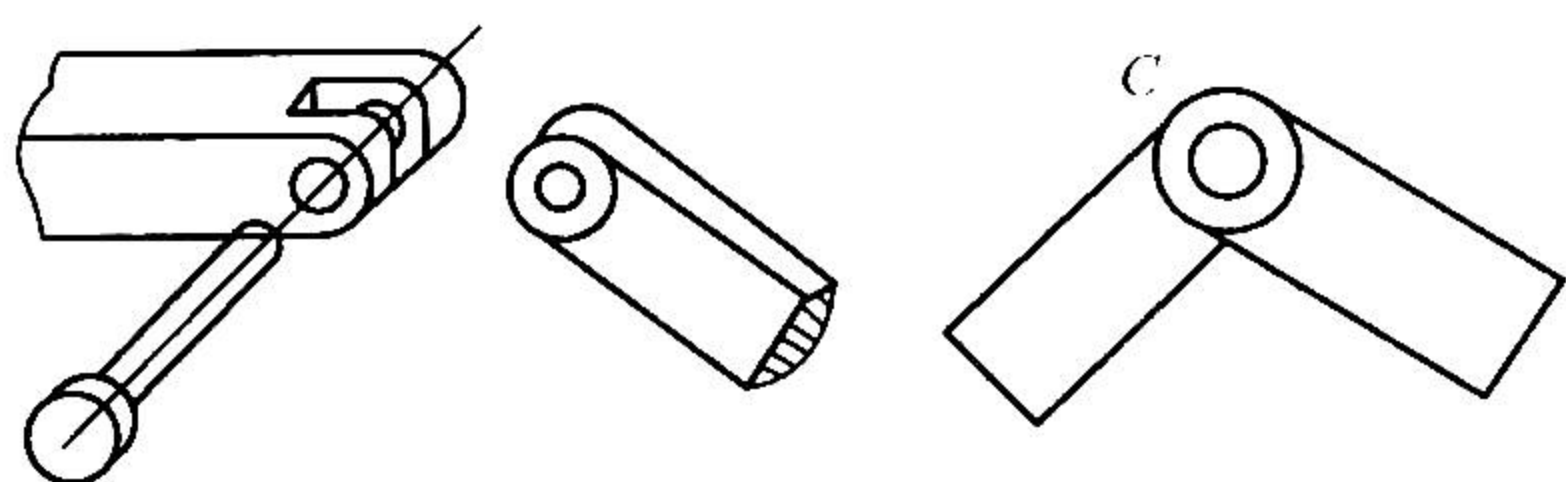


图 1-11 中间铰链

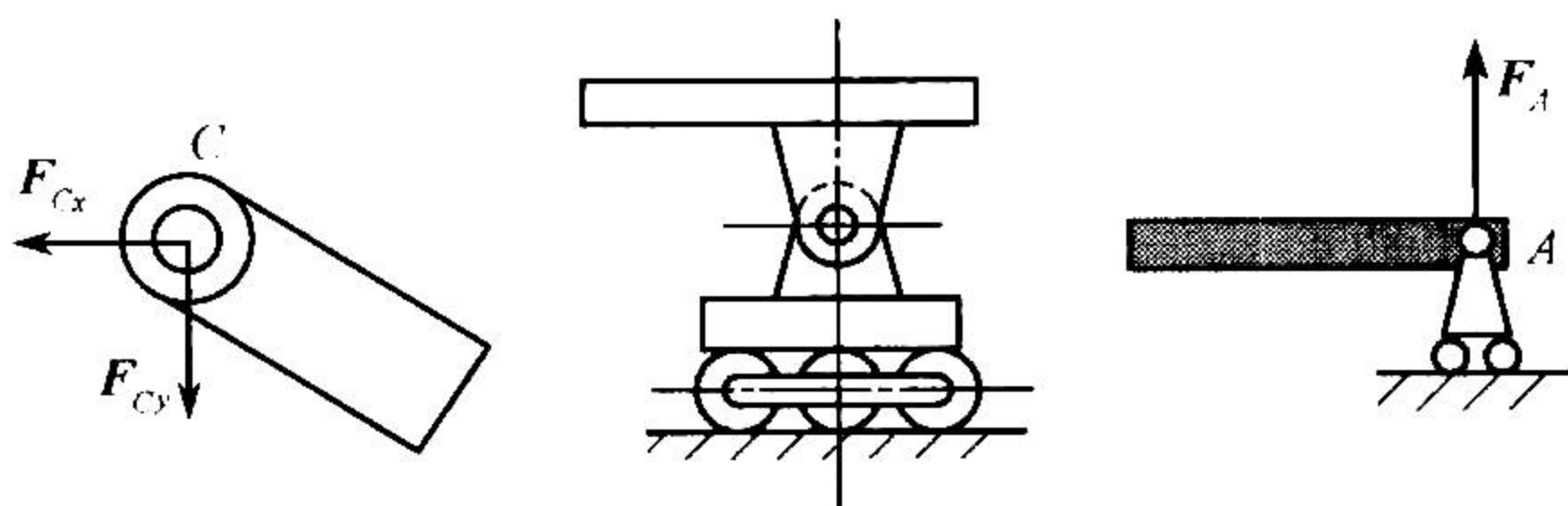


图 1-12 滚动铰链支座

4. 固定端约束

物体的一端完全固定，既不能移动也不能转动，应有两个正交的约束力  $F_{Ax}$ 、 $F_{Ay}$  和一个约束力偶  $M_A$ 。这种约束称为固定端约束。如图 1-13 所示。建筑物上的阳台，夹持在刀架上的刀具，均属于这种约束。

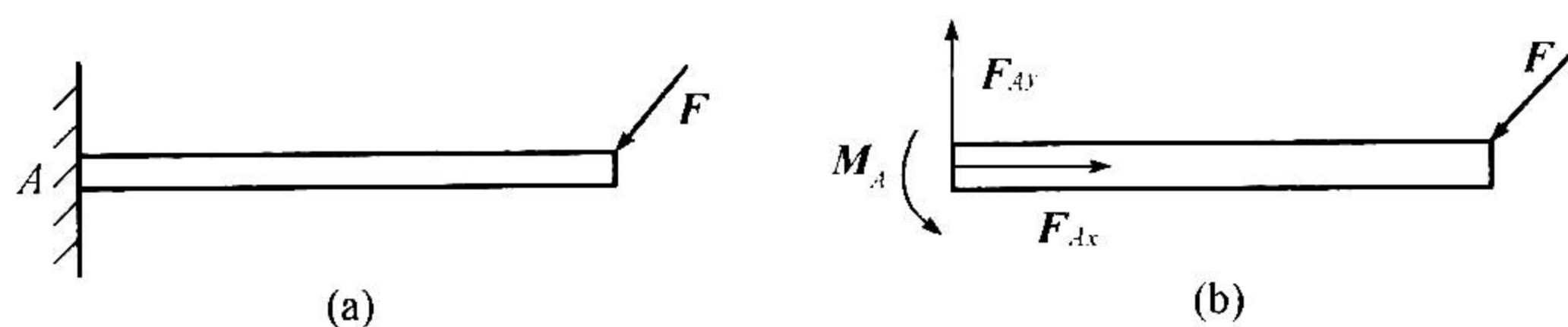


图 1-13 固定端约束

1.1.6 物体的受力分析及受力图

1. 受力分析

工程中，构件总是承受着各种载荷的作用，并以一定的形式与周围其他构件相互连接。因此，在进行工程设计计算时，必须对构件的受力状态进行分析，以作为设计的依据。

在解决实际工程问题时，需要根据已知力，利用平衡条件，求出未知力。为此，需要根据已知条件和待求的力，有选择地研究某个具体构件或构件系统的平衡。这一被确定要具体研究的构件或构件系统称为研究对象。

对研究对象进行分析研究时，要把它从周围的物体中分离出来，我们将解除了约束后的构件称为分离体。

2. 受力图

将分离体上所受的全部主动力和约束力画在研究对象上，所得到的图形，就称为受力图。恰当地选取研究对象，正确地画出构件的受力图是解决力学问题的一个重要步骤。画受力

图的步骤如下:

- (1) 明确研究对象, 并画出分离体。
- (2) 在分离体上画出所受的全部主动力。
- (3) 在分离体上画出全部约束力。
- (4) 校核。

画受力图的过程中应当注意的是: 分离体的形状和方位须和原物体保持一致; 画出分离体上全部主动力和约束力; 在画约束力时, 必须严格按照约束性质画出, 不能随意取舍; 必须注意作用力与反作用力的关系; 注意应用二力平衡公理、三力汇交原理; 在画物体系统受力图时, 系统中的内力不能画出。

**【例 1-1】** 图 1-14 所示为一三铰拱桥, 由左、右两半拱铰接而成。设半拱自重不计, 在半拱  $AB$  上作用有载荷  $F$ , 试画出左半拱片  $AB$  的受力图。

**【解】** 取  $AB$  半拱为分离体, 由于  $AB$  自重不计, 因此主动力只有力  $F$ , 半拱在铰链  $B$  受由  $BC$  半拱给它的约束力  $F_B$  作用, 铰链  $A$  处的约束力可用两个正交分力  $F_{Ax}$  和  $F_{Ay}$  表示, 也可通过三力平衡汇交定理来确定。  $AB$  半拱的受力图如图 1-14 (b) 所示。

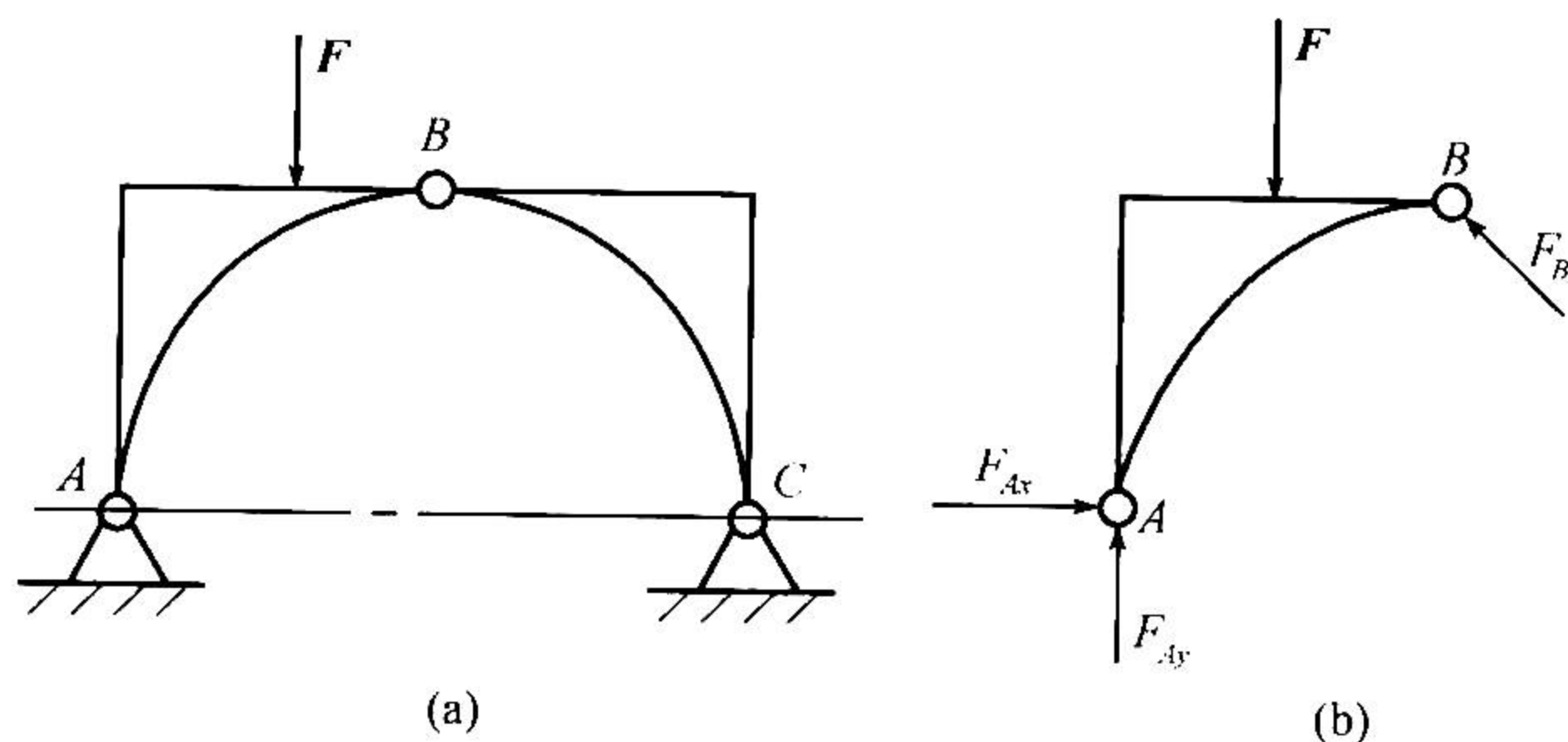


图 1-14 例 1-1 图

**【例 1-2】** 球  $G_1$ 、 $G_2$  置于墙和板  $AB$  间,  $BC$  为绳索, 试分别画出图 1-15 (a) 中各物体及物体系统的受力图。

**【解】** (1) 以板、球系统整体为研究对象 [图 1-15 (b)]: 解除绳索、墙面及固定铰链  $A$  之约束, 以板、球系统整体为分离体。已知主动力重力  $G_1$ 、 $G_2$ , 绳索为柔性约束, 约束力是沿绳索的拉力  $F_T$ ; 墙与球之间是光滑约束, 约束力为垂直于墙面指向该球球心的压力  $F_D$ ;  $A$  处为固定铰链, 约束力用作用于  $A$  处的两个正交分力  $F_{Ax}$ 、 $F_{Ay}$  表示。

(2) 分别以球  $G_1$ 、球  $G_2$  为研究对象 [图 1-15 (c)]: 以球  $G_1$  为研究对象, 分离体球  $G_1$  除受主动力重力  $G_1$  作用外, 还受墙、板、球  $G_2$  三处 ( $D$ 、 $E$ 、 $K$ ) 光滑约束的约束力  $F_D$ 、 $F_E$ 、 $F_K$ , 均为压力且作用线沿接触处的公法线, 通过球心。以球  $G_2$  为研究对象, 分离体球  $G_2$  除受主动力重力  $G_2$  作用外, 还有板、球两处光滑约束的约束力  $F_H$ 、 $F'_K$ , 两约束力的作用线都通过球心。

注意:  $F_K$  与  $F'_K$  是作用力与反作用力的关系, 二者等值、反向、共线, 作用在不同物体上。

(3) 以两球系统为研究对象 [图 1-15 (d)]: 将两球作为一个物体系统作为研究对象, 分离体除受重力  $G_1$ 、 $G_2$  外, 还受板、墙的约束力  $F_D$ 、 $F_E$ 、 $F_H$ 。

注意: 取两球系统为研究对象时, 并不解除两球间的相互约束, 两球间的作用力与反作用力  $F_K$  与  $F'_K$  为内力, 画受力图时不再考虑。

(4) 以板  $AB$  为研究对象 [如图 1-15 (e)]: 以板  $AB$  为研究对象, 板自重不计, 分离体受绳的约束力  $F_T$ , 球  $G_1$  的约束力  $F'_E$ , 球  $G_2$  的约束力  $F'_H$ , 固定铰链  $A$  的约束力 (用两正交分力  $F_{Ax}$ 、 $F_{Ay}$  表示)。

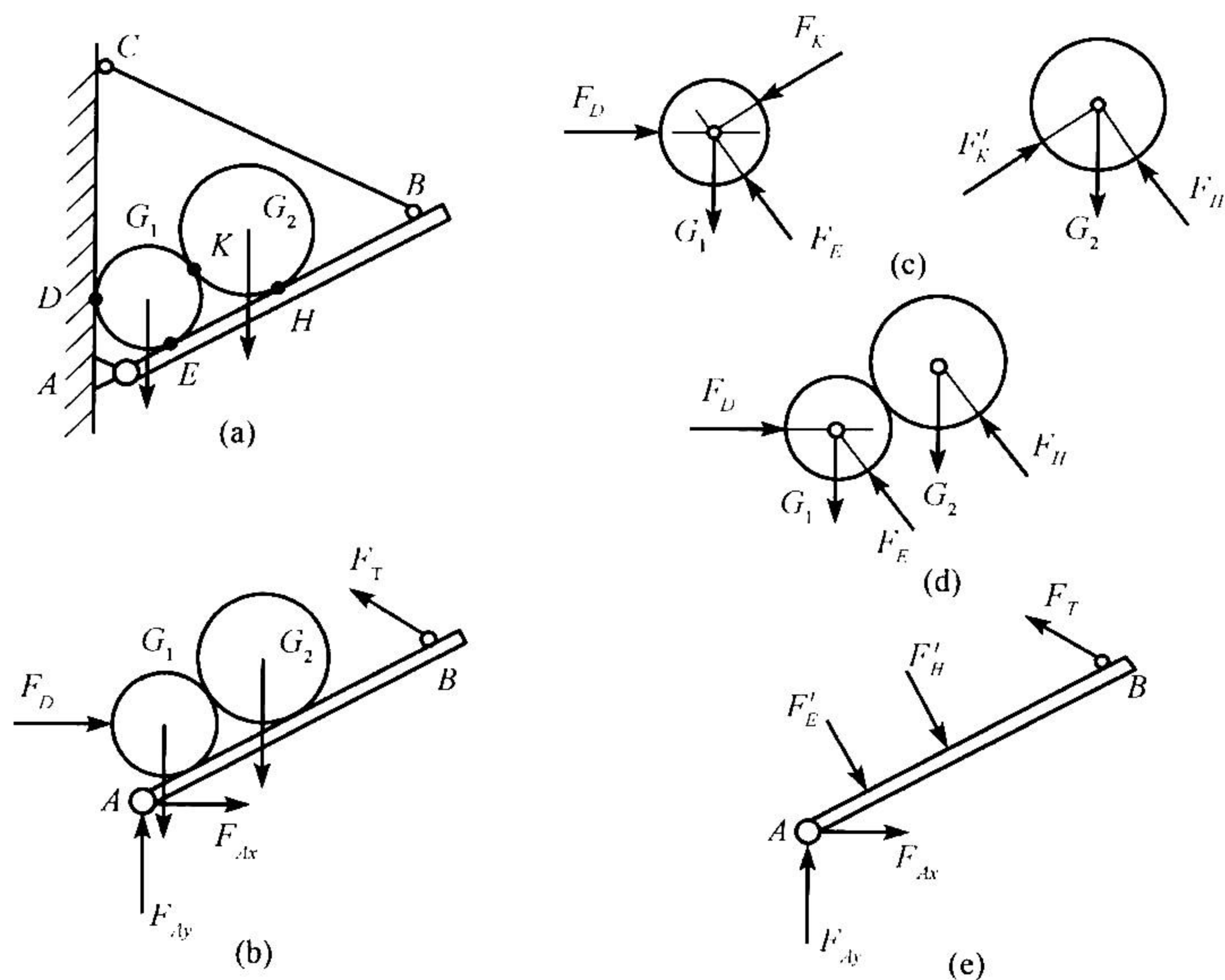


图 1-15 例 1-2 图

## 1.2 力对点之矩

### 教学目标

1. 了解：力矩的概念。
2. 应用：力矩的计算。

#### 1.2.1 力对点之矩（简称为力矩）的概念

力对物体的作用，不仅能够使物体移动，还能使物体转动。以用扳手拧螺母为例，如图 1-16 所示，由经验可知，使螺母转动的效应不仅与力  $F$  的大小有关，而且与转动中心点  $O$  至作用力  $F$  的作用线的垂直距离  $d$  有关。

为了描述力对刚体运动的转动效应，把力  $F$  与距离  $d$  的乘积定义为力  $F$  对转动中心  $O$  点之矩，简称力矩，转动中心  $O$  点称为矩心，矩心  $O$  到力  $F$  作用线的垂直距离称为力臂。如图 1-17 所示。

力对点之矩用符号  $M_O(F)$  来表示，即

$$M_O(F) = \pm Fd \quad (1-1)$$

式中的正负号用来表明力矩的转动方向。通常规定：力使物体绕矩心作逆时针方向转动时，力矩取正号；力使物体绕矩心作顺时针方向转动时，力矩取负号。力矩常用的单位为牛·米 ( $N \cdot m$ )。

由力矩的定义可知：

- (1) 矩心不同，力矩不同。
- (2) 力的作用线到矩心  $O$  的距离越远，力臂  $d$  越大，力矩  $M_O(F)$  的值越大；力的作用线通过矩心  $O$ ，力臂  $d$  等于零，则力矩为零。



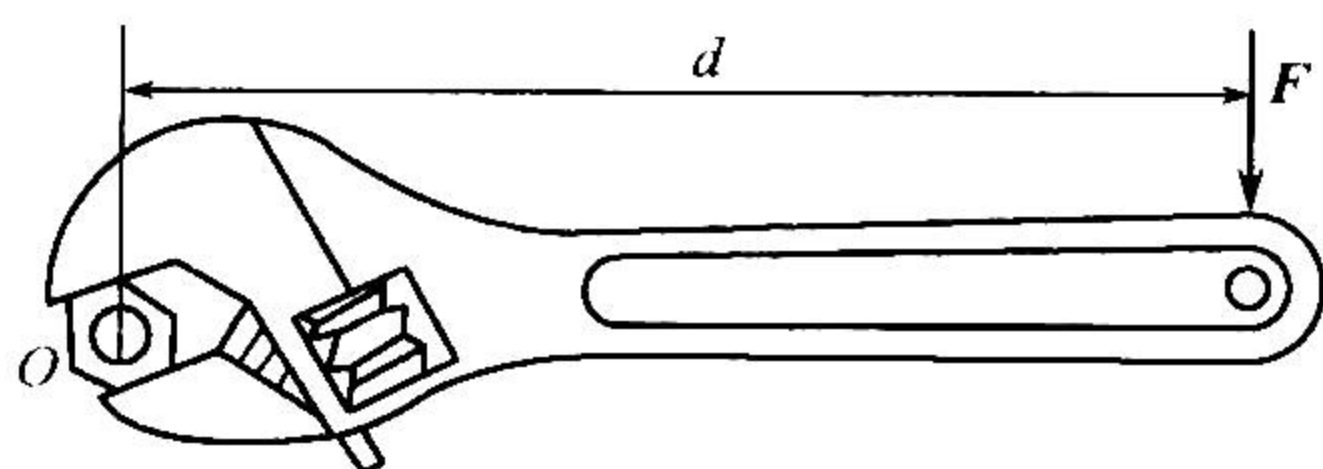


图 1-16 力对点之矩

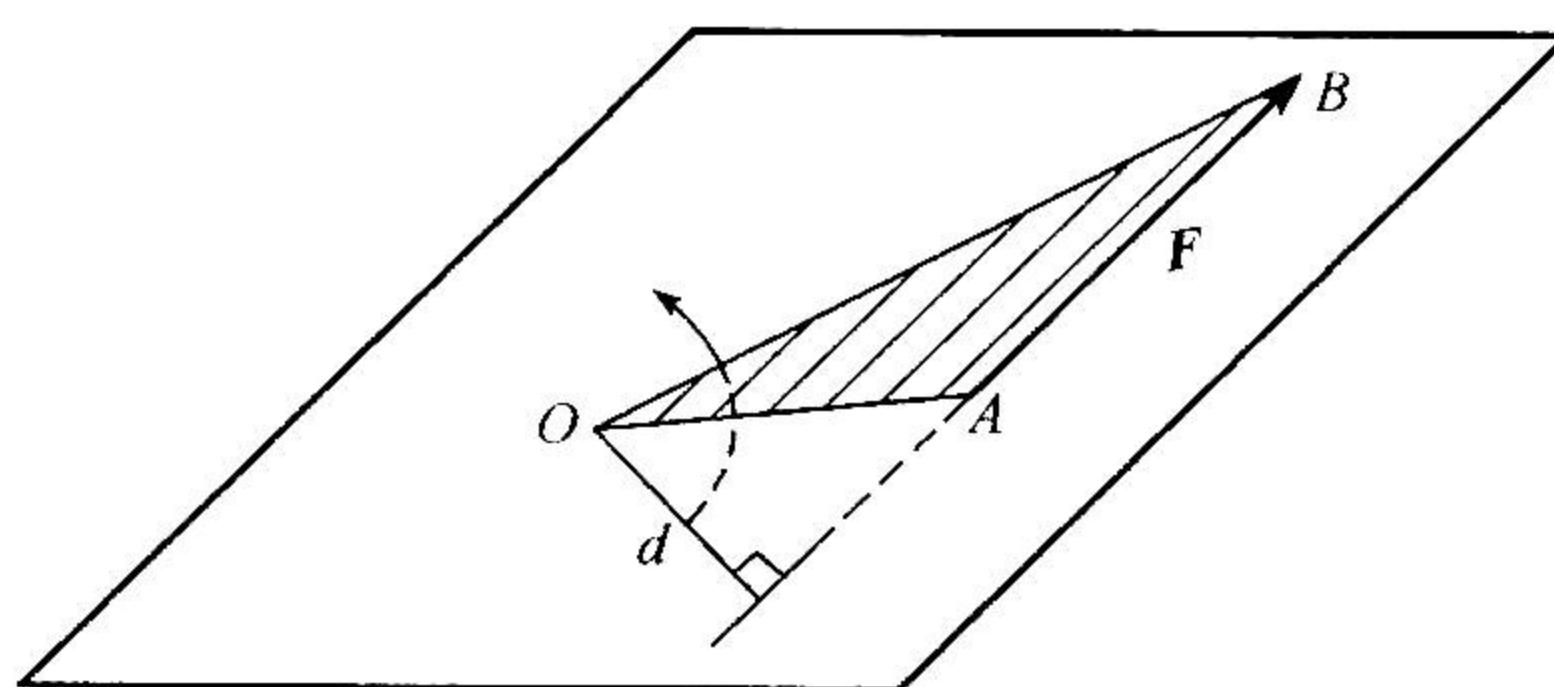


图 1-17 力矩的计算

### 1.2.2 力矩的性质

(1) 对刚体而言, 若将力  $F$  沿其作用线移动, 因为力的大小、方向和力臂都没有改变, 所以不会改变该力对某一矩心的力矩。

(2) 若  $F=0$ , 则  $M_O(F)=0$ ; 若  $M_O(F)=0$ ,  $F \neq 0$ , 则  $d=0$ , 即力  $F$  的作用线通过  $O$  点。因此, 力矩等于零的情况是: 力等于零或力的作用线通过矩心。

### 1.2.3 合力矩定理

平面汇交力系的合力对平面内任一点力矩, 等于力系中各分力对于同一点力矩的代数和。即

$$M_O(F) = M_O(F_1) + M_O(F_2) + \dots + M_O(F_n) = \sum M_O(F_i) \quad (1-2)$$

如图 1-18 所示, 作用在  $A$  点的平面汇交力系各分力  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $\dots$ 、 $F_n$  对矩心  $O$  的力矩的代数和, 等于合力  $F$  对该矩心的力矩。

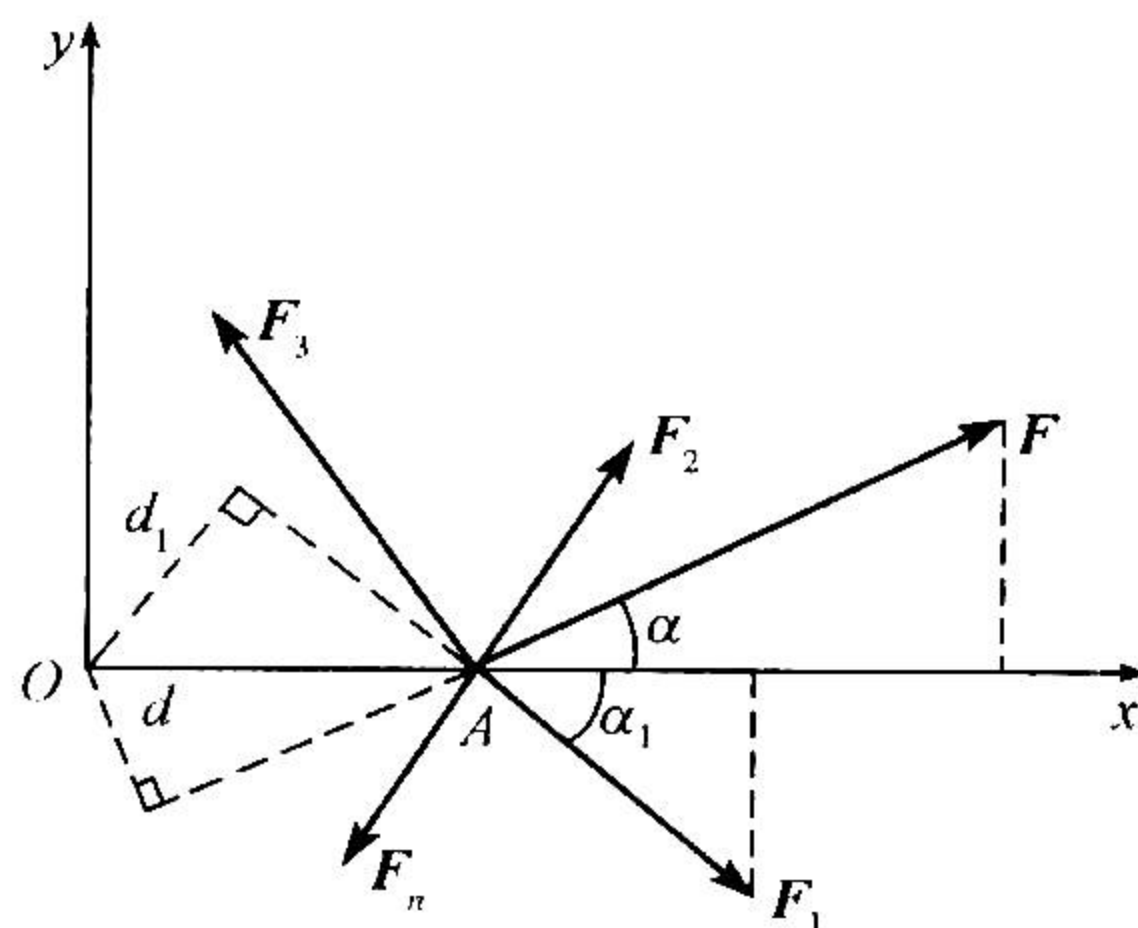


图 1-18 合力矩定理

**【例 1-3】** 如图 1-19 所示, 力  $F$  作用在弯杆的点  $C$  处, 试求力  $F$  对铰链  $O$  点之矩。

**【解】** 解法一: 按力矩的定义直接求解

$$M_O(F) = Fd = F(OA \sin \alpha + AB \cos \alpha + BC \sin \alpha)$$

解法二: 利用合力矩定理, 将合力  $F$  分解为两个正交分力, 即

$$\begin{aligned} M_O(F) &= M_O(F_x) + M_O(F_y) \\ &= F \cos \alpha \times AB + F \sin \alpha \times (OA + BC) \\ &= F(OA \sin \alpha + AB \cos \alpha + BC \sin \alpha) \end{aligned}$$

**【例 1-4】** 如图 1-20 所示, 弯杆  $OBC$  的  $O$  端为铰链支座约束, 力  $F$  作用于点  $C$ , 其方向角为  $\alpha$ , 杆  $OB=l$ ,  $BC=h$ , 求力  $F$  对点  $O$  的力矩。

**【解】** 解法一: 按力矩的定义直接求解。

如图 1-21 所示, 过点  $O$  作力  $F$  作用线的垂线, 与作用线交于点  $a$ , 则线段  $oa$  即为力臂  $d$ 。过点  $B$  画力作用线的平行线, 与力臂的延长线交于点  $b$ , 则有

$$M_O(F) = -Fd = -F \times (l \sin \alpha - h \cos \alpha)$$

解法二: 利用合力矩定理, 将合力  $F$  分解为两个正交分力。

如图 1-22 所示, 力  $F$  对点  $O$  的力矩等于两个分力对点  $O$  的力矩的代数和。即

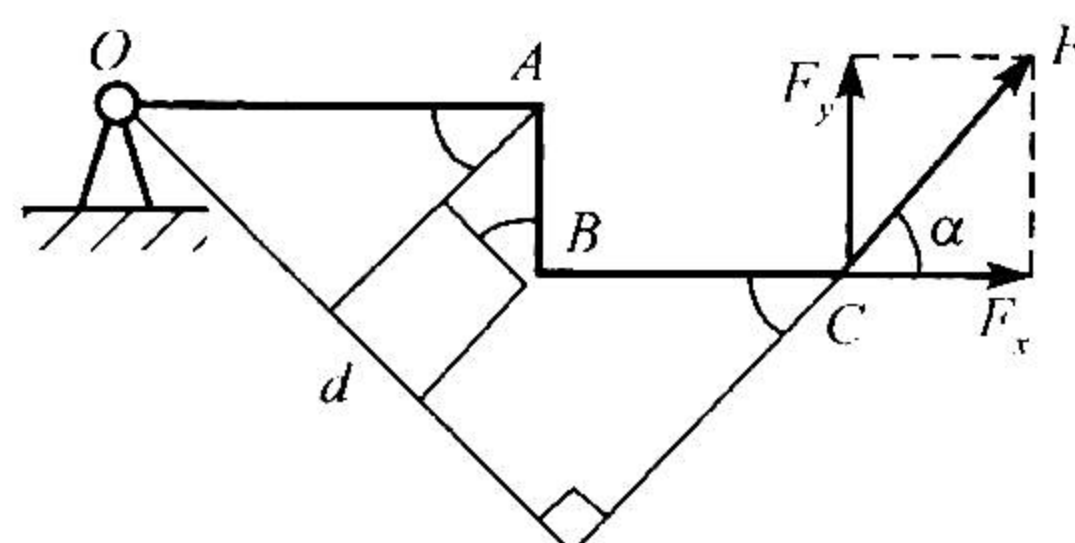


图 1-19 例 1-3 图

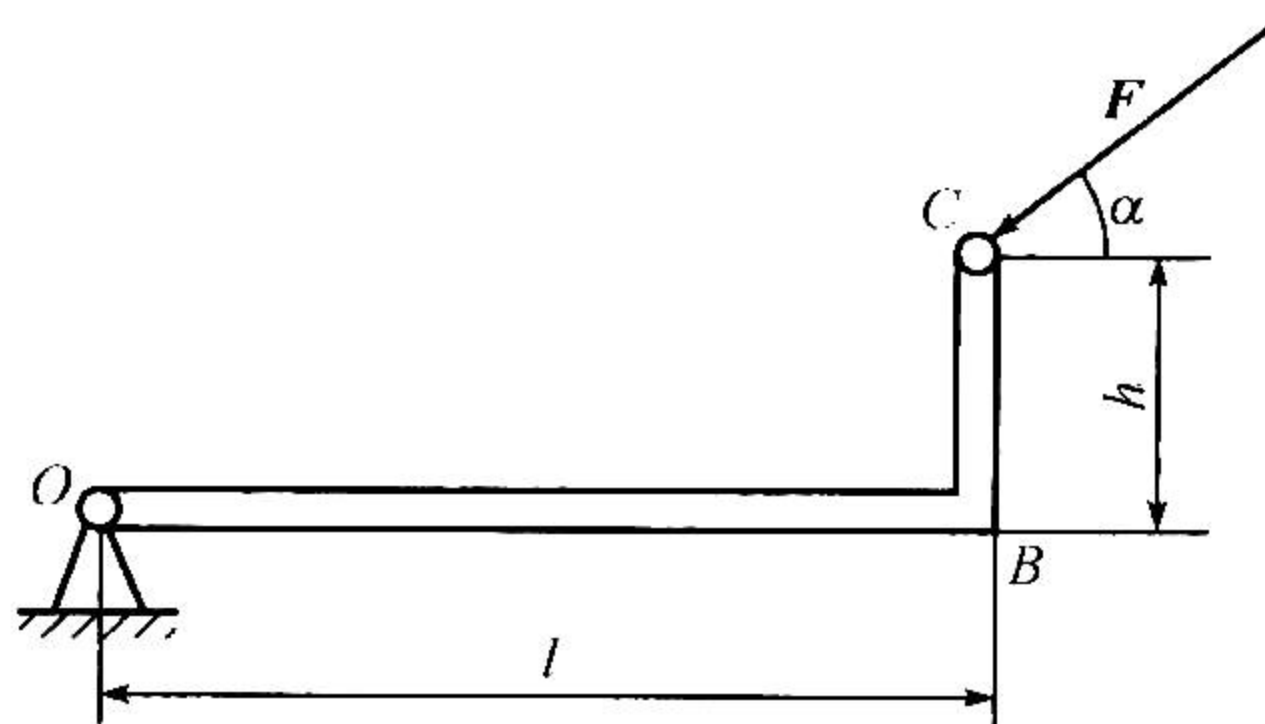


图 1-20 例 1-4 图