



# 工 程 力 学

( 静力学与材料力学 )

主 编 吕江波 万隆君  
副主编 包素钦 葛景华 涂婉丽

大连海事大学出版社

# 工 程 力 学

(静力学与材料力学)

主 编 吕江波 万隆君

副主编 包素钦 葛景华 涂婉丽

大连海事大学出版社

© 吕江波 万隆君 2016

图书在版编目 (CIP) 数据

工程力学. 静力学与材料力学 / 吕江波, 万隆君主  
编. —大连: 大连海事大学出版社, 2016. 6  
ISBN 978-7-5632-3350-2

I. ①工… II. ①吕… ②万… III. ①工程力学—高  
等学校—教材②静力学—高等学校—教材③材料力学—高  
等学校—教材 IV. ①TB12②O312③TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 154403 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌海路 1 号 邮编: 116026 电话: 0411-84728394 传真: 0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连华伟印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2016 年 6 月第 1 版

2016 年 6 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm×260 mm

印张: 13.5

字数: 332 千

印数: 1~2000 册

出版人: 徐华东

责任编辑: 杨 淼

责任校对: 王 琴

封面设计: 王 艳

版式设计: 解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3350-2 定价: 29.00 元

# 前 言

工程力学是高等院校许多工科专业普遍开设的一门重要的技术基础课,其内容在工程中应用广泛。轮机工程专业是集美大学历史悠久的特色专业,它要求学生具有较宽的知识面,较强的动手能力,能在工作岗位独当一面。但学生所要学习的课程较多,势必导致本课程的学时分配较少。所以,对于本课程的教学既要突出重点,又要覆盖其主要知识点。鉴于此,本书作者结合自己多年的教学实践,从专业要求的特点出发,编写了此书。

本书在编写过程中,以必需和够用为主,由浅入深,循序渐进,突出重点,理论推导从简,以掌握基本知识和概念、强化应用、扩大知识面为重点,以培养能力为宗旨,适当降低难度,同时,对工程概念有所加强,以利于提高读者分析问题和解决问题的能力。

本书内容包括理论力学的静力学和材料力学的基本内容,可以作为高等院校本科近机械类及高职高专院校机械类专业的工程力学教材,还可以作为相关教师及机械类工程技术人员职业技能培训的参考教材。

本书例题较多,方便读者参考。各章附有小结,供读者复习用。习题中计算题略少,主要考虑学时少的特点,以精练为主,加上选择题和填空题的练习,足够读者自学和巩固重点知识。教材附有习题参考答案。

本书由集美大学轮机工程学院组织编写,由吕江波副教授和万隆君教授担任主编,包素钦、葛景华和涂婉丽担任副主编。其中吕江波副教授编写绪论、第3章和第4章(除4.7节),万隆君教授编写第6章和第8章,包素钦编写第1章和第5章,葛景华编写第4章的第4.7节、第7章和第9章,涂婉丽编写第2章和第10章,全书由吕江波统稿。

本书在编写过程中参考了许多相关书籍,征求了有关同仁的见解和建议,采纳了使用过本书初稿的学生的许多建议,我校庄立球教授认真阅读了书稿,并提出了许多宝贵的建议。我校船舶与海洋工程专业学生苏华圣和邱思达等帮助绘制了许多插图,在此一并深表感谢。

本书的编写力求适应高等教育的改革与发展,但由于编者水平有限,难免有不妥之处,敬请读者批评指正,不胜感激。

编 者

2016年4月

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 绪论.....                   | 1  |
| 第1章 静力学基本概念和物体的受力分析.....  | 3  |
| 1.1 静力学基本概念.....          | 3  |
| 1.2 约束和约束力.....           | 6  |
| 1.3 物体的受力分析.....          | 10 |
| 第2章 平面力系.....             | 13 |
| 2.1 平面力系的基本概念.....        | 13 |
| 2.2 平面汇交力系.....           | 17 |
| 2.3 平面力偶系.....            | 22 |
| 2.4 平面任意力系.....           | 25 |
| 2.5 平面平行力系.....           | 30 |
| 2.6 静定与静不定问题及刚体系统的平衡..... | 33 |
| 第3章 空间力系.....             | 37 |
| 3.1 空间力系的基本概念.....        | 37 |
| 3.2 空间汇交力系.....           | 39 |
| 3.3 空间任意力系.....           | 41 |
| 3.4 空间平行力系.....           | 44 |
| 3.5 重心和形心.....            | 45 |
| 第4章 轴向拉伸与压缩.....          | 50 |
| 4.1 材料力学的基本假设和基本概念.....   | 50 |
| 4.2 轴向拉伸与压缩的概念.....       | 53 |
| 4.3 拉压杆的应力.....           | 57 |
| 4.4 材料在拉伸和压缩时的力学性能.....   | 60 |
| 4.5 拉压杆的变形.....           | 64 |
| 4.6 拉压杆的强度计算.....         | 66 |
| 4.7 应力集中.....             | 68 |
| 4.8 连接件的实用计算.....         | 69 |
| 第5章 圆轴扭转.....             | 76 |
| 5.1 扭转的概念.....            | 76 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 5.2 扭矩和扭矩图.....           | 76  |
| 5.3 圆轴扭转时的强度与刚度条件.....    | 80  |
| 第6章 梁的弯曲内力.....           | 87  |
| 6.1 弯曲的概念.....            | 87  |
| 6.2 梁的弯曲内力——剪力和弯矩.....    | 89  |
| 第7章 梁弯曲时的应力和变形.....       | 100 |
| 7.1 弯曲正应力.....            | 100 |
| 7.2 弯曲切应力.....            | 106 |
| 7.3 梁的强度计算.....           | 109 |
| 7.4 梁的弯曲变形.....           | 112 |
| 7.5 提高弯曲强度和刚度的措施.....     | 116 |
| 第8章 应力状态和强度理论.....        | 120 |
| 8.1 应力状态的概念.....          | 120 |
| 8.2 平面应力状态分析——解析法.....    | 122 |
| 8.3 广义胡克定律和强度理论.....      | 126 |
| 第9章 组合变形.....             | 134 |
| 9.1 轴向拉伸(压缩)与弯曲的组合变形..... | 134 |
| 9.2 扭转与弯曲的组合变形.....       | 138 |
| 第10章 压杆稳定.....            | 142 |
| 10.1 压杆稳定性概念.....         | 142 |
| 10.2 细长压杆的临界压力.....       | 144 |
| 10.3 压杆的临界应力.....         | 146 |
| 10.4 压杆稳定校核.....          | 149 |
| 附录 热轧工字钢(GB 706—88).....  | 153 |
| 习题部分.....                 | 156 |
| 习题答案.....                 | 200 |
| 参考文献.....                 | 208 |

## 绪 论

### 力学学科的形成与地位

力学是研究物体机械运动规律的科学。

所谓机械运动,是指物体在空间的位置随时间的变化,如日月的运行、车船的行驶、机器的运转、河水的流动及物体的平衡等。

力学作为一门学科可以从牛顿时代算起,是最早形成的自然科学之一。力学研究力的作用与物体的运动,它是自然界和人类活动最基本的现象,这奠定了力学在科学体系中的基础科学地位。随着科学技术和现代工业的发展,力学又以工程和自然界的真实介质和系统为研究对象,成为众多需要精细化、机理化描述的应用科学和工程技术的基础,这又奠定了力学的工程技术地位。

### 工程力学的任务与内容

在工农业生产的许多领域,各种机械与结构得到广泛的应用。组成机械与结构的基本单元统称为**构件**,如船舶上的螺栓、转轴、钢绳,房屋和大桥的梁、柱、板等。在实际工作中,各构件都会受到力的作用,这就需要考虑怎样能够使构件在工作中既安全合理又节省材料以提高经济效益。如梁工作时受多大的力、需要什么材料、采用什么形状及多大尺寸等,都是工程力学要解决的问题。本书只以构件为研究对象,运用力学的一般规律分析和求解构件的受力情况及平衡问题,建立构件安全工作的力学条件,它仅包含静力学和材料力学两部分的主要内容。

静力学主要研究受力物体平衡时作用力所应满足的条件,同时也研究物体受力的分析方法以及力系简化的方法等;材料力学研究物体(主要是构件)在外力作用下的变形与破坏(或失效)的规律,为合理设计构件提供有关的强度、刚度和稳定性分析的基本理论与基本方法。

本书第1章至第3章属于静力学的内容,第4章至第10章属于材料力学的内容。

### 工程力学的学习方法

工程力学的理论性和应用性较强,许多基本概念和基本原理都是在对工程实际进行抽象,再在数学演绎的基础上建立起来的。因此,学习工程力学的过程中,首先,要学会从形象思维到抽象思维的转变,并在这一过程中注意抓住问题的内在联系,抓住问题的重点,忽略或暂时忽略次要的因素,从而将其抽象成一定的力学模型作为研究对象。例如,图0-1所示的桁架结构,当我们研究杆1和2在力 $F$ 作用下的受力大小时,可以把杆1和2抽象为刚体(暂时忽略其小变形),然后用静力学的知识,根据平衡条件研究作用在它们上面的力,当我们要

设计杆 1 和 2 的形状和尺寸时，就要把杆件视为变形体，并假定其变形是弹性的。研究杆件在载荷作用下的弹性变形情况，属于材料力学的内容。同样地，当我们研究如图 0-2 所示的支座  $A$ 、 $B$  对梁  $AB$  的约束力时，可以忽略梁的变形，把梁抽象为刚体；当设计梁的形状和尺寸时，就应该把梁视为变形体。这样既能使所研究的问题大大简化，又能反映事物的本质，并达到足够的计算精度，满足工程实际的需要。其次，在建立力学模型的基础上，应用归纳和演绎的方法，由少量的基本规律出发，得到多方面揭示受力物体的自然规律，获取相应的定理、定律和公式，建立严密而完整的基本理论和基本方法。最后，与研究其他自然科学问题一样，研究工程力学问题一般遵循实验、观察分析、综合归纳、假设推理、检验等步骤。因此，工程力学中理论和实验不仅有着紧密的联系，而且二者具有同等重要的地位。

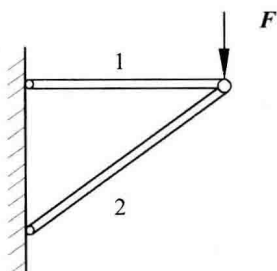


图 0-1

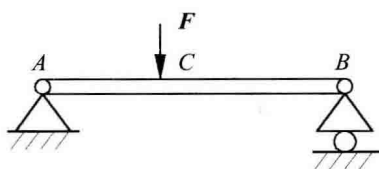


图 0-2

## 学习工程力学的目的

工程力学是许多工科类专业的专业基础课，学习本课程的目的：

- (1) 把工程力学的理论、规律及计算方法应用到工程实际，解决工程中的力学问题，为工农业生产服务；
- (2) 培养学生的观察力、想象力和逻辑思维能力，这对于提高学生分析和解决问题的能力以及培养创新能力具有重要的作用；
- (3) 为学习后续的课程打下基础，如结构力学、弹性力学、机械设计基础等课程。



## 第1章 静力学基本概念和物体的受力分析

本章主要讨论力、刚体及平衡的概念，力的基本性质——静力学公理，约束、约束分类，物体的受力分析及受力图的画法。

### 1.1 静力学基本概念

#### 1.1.1 刚体

在工程中，任何物体受力后都会产生不同程度的变形，但如果变形微小，对静力学中研究物体的平衡问题不起作用，可以忽略不计，这样我们提出一个理想化的模型，那就是**刚体**，即指物体在力的作用下，其内部任意两点间的距离始终保持不变。换言之，刚体无论受到什么样的力作用，形状都不会改变。静力学中研究的对象主要是刚体，这样我们可以把静力学称为刚体静力学。

#### 1.1.2 平衡

**平衡**是指物体相对于惯性参考系保持静止或做匀速直线运动。它是物体运动的特殊形式，严格地讲，地球只是近似的惯性参考系。刚体静力学研究的是物体的平衡问题。

#### 1.1.3 力

##### (1) 力的定义

**力**是物体间的相互机械作用。

力对物体的作用会产生两种效应：(1) 使物体运动状态发生改变，称为力的外效应（或运动效应），如由静止到运动、由慢到快、由直线运动到曲线运动等；(2) 使物体形状和尺寸发生改变，称为力的内效应（或变形效应）。

##### (2) 力的三要素及表示法

力对物体的作用效应，取决于力的三要素，即力的大小、方向和作用点。力是矢量，可用一条具有方向的线段表示，如图 1-1 所示，本书用**黑体字母**表示矢量，如用  $\mathbf{F}$ ；用**普通字母**表示矢量的大小，如  $F$ 。按照国际单位制的规定，力的单位为牛顿（N）。

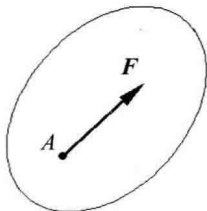


图 1-1 力的矢量表示

如果力的作用范围在一定条件下简化为一个点，这种力就称为**集中力**；若力的作用面积较大，力就不能看成是作用在某一点上，不能用集中力来表示，这种力称为**分布力**。

### （3）力系

作用在物体上的一群力称为**力系**。若一个力系与另一个力系对物体的作用效应相同，这两个力系互为**等效力系**。如果一个力与一个力系等效，则这个力称作这个力系的**合力**，力系中的其他各力称作这个力的**分力**。如果一力系使物体处于平衡状态，则该力系称为**平衡力系**。

按照力系中各力作用线分布情况可以将力系进行分类。如果力系各力作用线都在同一平面内，该力系称为**平面力系**，否则称为**空间力系**。如果各力作用线汇交于一点，则为**汇交力系**；各力作用线彼此平行，则为**平行力系**；各力作用线任意分布，则为**任意力系**（一般力系）；力系中每两个力大小相等，方向相反，作用线相互平行且不重合在一起，就构成了**力偶系**。

## 1.1.4 静力学公理

静力学公理是人类在长期的生活和生产实践中总结和概括出来的，这些公理简单明确，无需证明而为大家公认，它们是静力学的基础。

### 公理一 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力，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，即合力为这两个力的矢量和。如图 1-2 所示，设物体上 A 点作用有力  $F_1$  和  $F_2$ ，则  $F_R$  即为它们的合力，写成矢量表达式为

$$F_R = F_1 + F_2$$

### 公理二 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力，使刚体处于平衡状态的充要条件是：这两个力大小相等、方向相反，且作用在同一直线上，如图 1-3 所示。该公理阐明了最简单力系使物体平衡时，必须满足的条件。

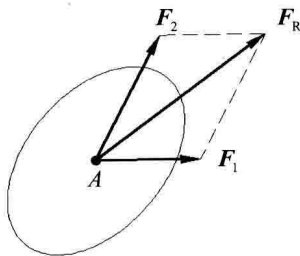


图 1-2 力的合成

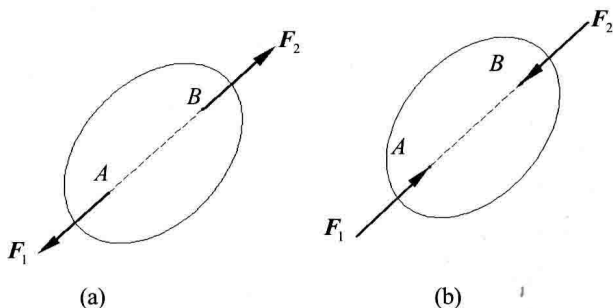


图 1-3 二力平衡

**二力构件**：只在两个力作用下处于平衡的构件，称为**二力构件**（或**二力杆**），这种情况在工程实际中经常遇到。二力构件的受力特点是两个力必在作用点的连线上。如图 1-4(a)、(b)所示，结构中的杆件 CD 在不计自重的情况下，就只受两个力作用且处于平衡状态，故 CD 杆称为二力构件。二力构件的概念在物体的受力分析中处于相当重要的地位。

对刚体而言，这个条件是必要且充分的，但对变形体而言，这个条件是不充分的。船舶吊杆的钢丝绳，在起吊重物时，钢丝绳受两个等值反向的拉力可以平衡，当受到两个等值反向的压力时，就不能平衡了。

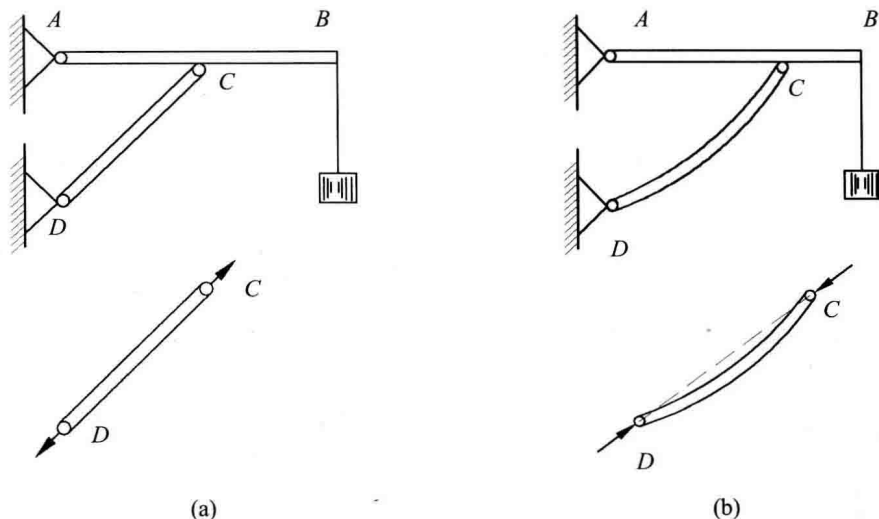


图 1-4 二力构件

**公理三 加减平衡力系公理**

在作用着已知力系的刚体上，加上或减去任一平衡力系，都不会改变原力系对刚体的作用效果。它是力系简化的重要理论依据。

**推论 1 力的可传性原理**

作用于刚体上某点的力，可以沿其作用线移动到刚体上的任一点，而不改变它对该刚体的作用效应，如图 1-5 所示，从这层意义上讲，力是滑动矢量。

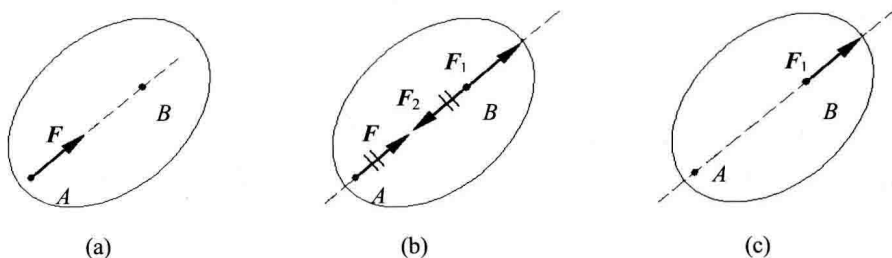


图 1-5 力的可传性

必须指出：力的可传性只适用于刚体而不适用于变形体，即在考虑变形体时，力不得离开其作用点，此时力为定位矢量。

**推论 2 三力平衡汇交定理**

刚体受三个力作用而处于平衡状态，若其中两力的作用线相交于一点，则此三力必在同一平面内，且汇交于同一点。

证明：如图 1-6 所示，根据力的可传性原理，可以将力  $F_1$  和  $F_2$  移至汇交点  $O$ ，然后再根据力的平行四边形法则将力  $F_1$  和  $F_2$  合成为  $F_{12}$ ， $F_{12}$  与  $F_3$  构成平衡力系，则  $F_{12}$  与  $F_3$  必共线，即  $F_3$  过汇交点  $O$ 。

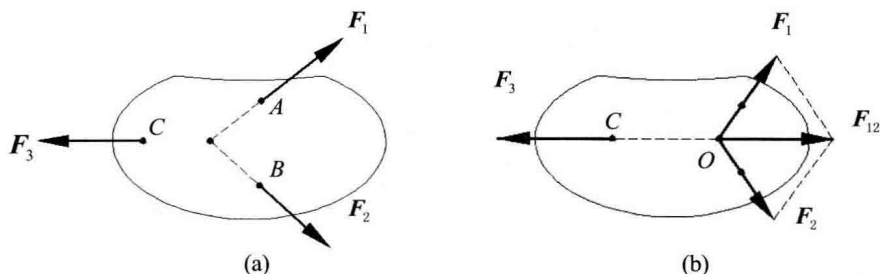


图 1-6 三力平衡汇交

### 公理四 作用力与反作用力定律

两个物体之间的作用力与反作用力总是成对出现，且大小相等，方向相反，沿着同一直线，但分别作用在这两个物体上。这与二力平衡公理有着本质的区别，不能混同。

## 1.2 约束和约束力

### 1.2.1 约束和约束力的定义

位移不受任何限制可以在空间做任意运动的物体称为**自由体**，如在空中飞行的飞机、火箭、小鸟等。但有些物体某些方向的位移受到限制，这些物体称为**非自由体**，如停在跑道上的飞机，停在铁轨上的火车，绳索吊着重物等。对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体称为**约束**，如跑道、铁轨、绳索等。限制物体运动或运动趋势的反作用力称为**约束反作用力**，又称**约束反力**，简称**约束力**。能够促使物体产生运动或运动趋势的力称为**主动力**（或**载荷**），如重力、弹簧力、磁力等。一般情况下，约束力是由主动力引起的，且随主动力的改变而改变。

在静力学中，约束力的大小是未知的。因此，对约束力的分析，就成为受力分析的重点。由于约束使物体在某一方向不能运动，故约束力的方向总是与它所限制物体的运动或运动趋势的方向相反。根据这一性质，可以确定约束力作用线的位置及指向，但其大小和方向是随主动力的不同而不同的。

### 1.2.2 工程中常见约束及约束力

工程中常见约束有柔索约束、光滑接触面约束、光滑圆柱铰链约束、轴承约束和球铰链约束。

#### (1) 柔索约束

属于这类约束的有绳索、链条、皮带构成的约束，如图 1-7 和 1-8 所示。这类约束的受力特点是只能受拉，不能受压，只能限制物体沿着它的中心线做离开的运动，因此，柔索约束的约束力方向应沿着柔索而背离物体，作用在柔性体与物体的联结点上。

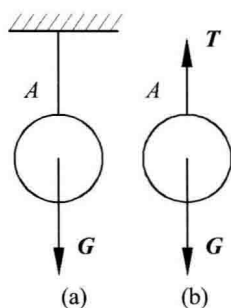


图 1-7 柔索约束

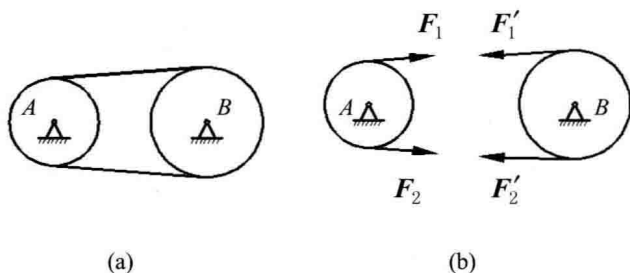


图 1-8 胶带或链条传动

## (2) 光滑接触面约束

物体与接触面如果是光滑的，可以不计摩擦，这种类型的约束称为光滑接触面约束。不论接触面是平面或曲面，都不能限制物体沿接触面切线方向的运动，而只能限制物体沿接触面公法线指向被约束物体内部方向的运动，所以光滑接触面约束的约束力沿公法线并指向物体，如图 1-9 所示。

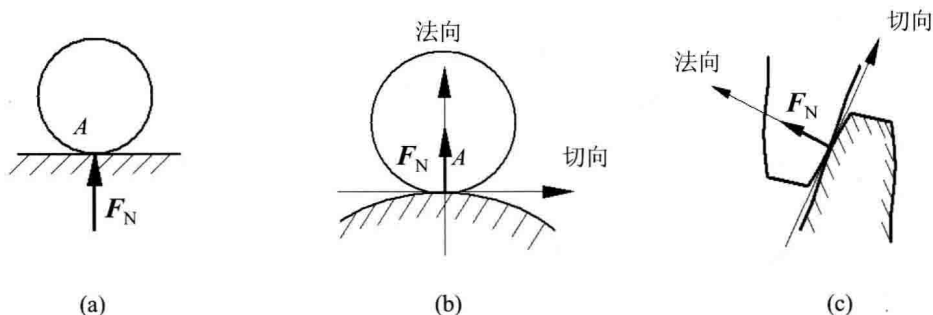


图 1-9 光滑接触面约束

**【例题 1-1】** 如图 1-10(a)所示，若接触面是光滑的，试画出杆 AB 的受力图。

解：(1) 取杆 AB 为研究对象；

(2) 在分离体上画出主动力，即重力  $G$ ；

(3) 按约束性质画出约束力，如图 1-10(b)所示。

## (3) 光滑圆柱铰链约束

铰链是工程中应用较广泛的一种约束，铰链约束是用一圆柱形销钉将两个构件连接在一起。此种约束使连接的两构件间相互限制彼此之间的相对平移而只允许存在相对转动。下面介绍三种常见的铰链约束。

## ① 固定铰链支座

如图 1-11(a)、(b)所示，若接触面的摩擦略去不计，按照光滑面约束反力的性质可知，销钉给构件的约束反力应沿圆柱面在接触点的公法线，并通过铰链中心，但接触点的位置往往

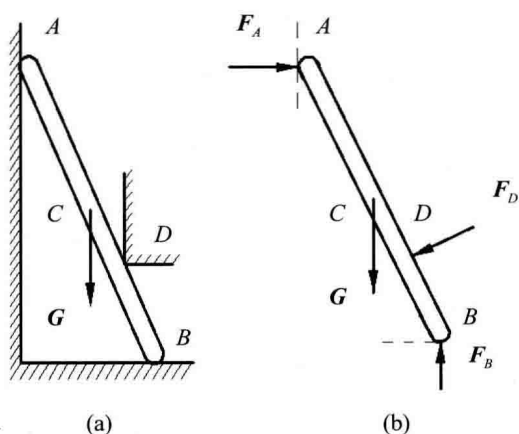


图 1-10 例题 1-1 图

不能预先确定。因此，常用通过铰链中心的两个相互垂直的分力  $F_x$  和  $F_y$  来表示，如图 1-11(c) 所示。

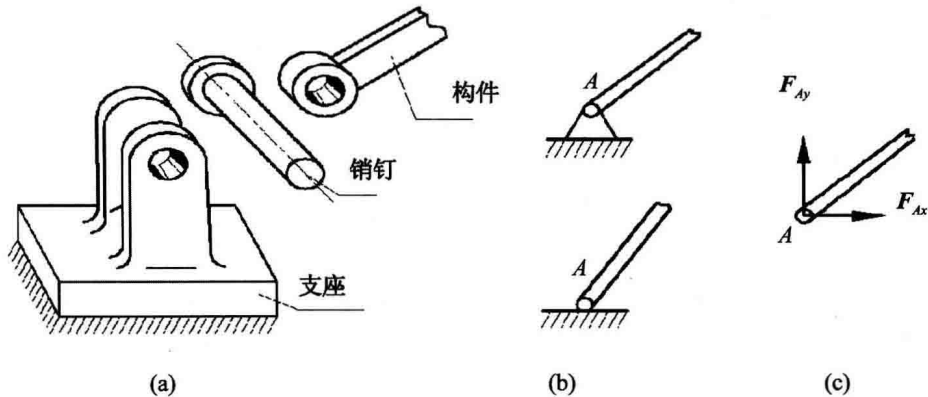


图 1-11 固定铰链约束

②活动铰链支座

如图 1-12(a)、(b)、(c)所示，这些支座只能限制物体与支座接触处向着支承面或离开支承面的运动，而不能阻止沿着支承面的运动或绕着销钉的转动。因此，活动铰链支座的约束反力通过销钉中心，垂直于支承面，如图 1-12(d)所示，但它的指向待定，向上或向下。

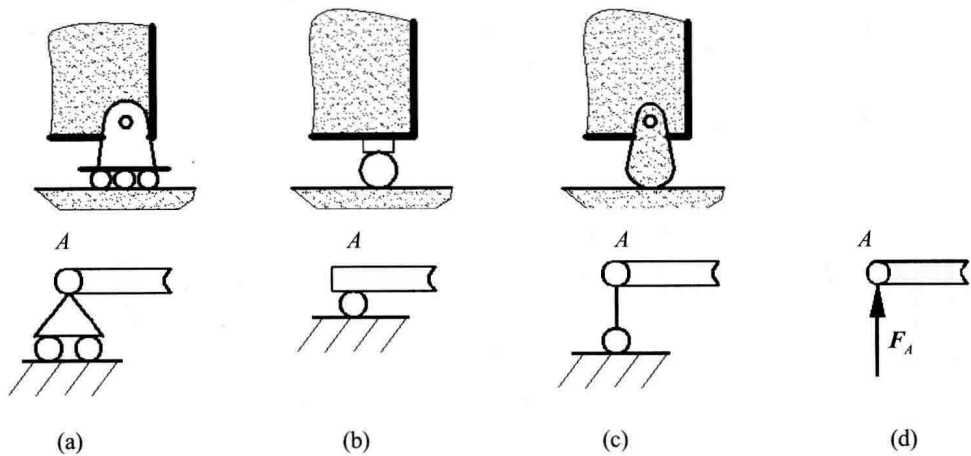


图 1-12 活动铰链支座

③中间铰链约束

如果两个构件用圆柱形光滑销钉连接，就成为中间铰链，如图 1-13 所示。中间铰链的销钉对构件的约束，与固定铰链支座的销钉对构件的约束性质相同，故其约束反力通常也表示为两个相互垂直的分力。

(4) 轴承约束

轴承是机器中常见的一种约束，常用的有向心轴承（径向轴承）和止推轴承。

向心轴承结构如图 1-14(a)、(b)、(c)所示，它的约束性质与圆柱形铰链约束的性质相同，不过在这里轴本身是被约束的构件，其简图和约束反力如图 1-14(d)、(e)所示。

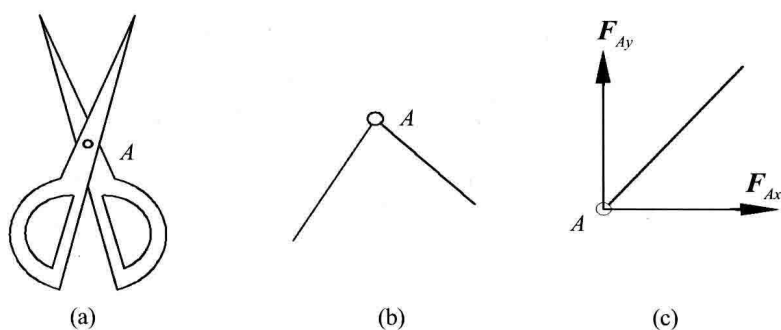


图 1-13 中间铰链

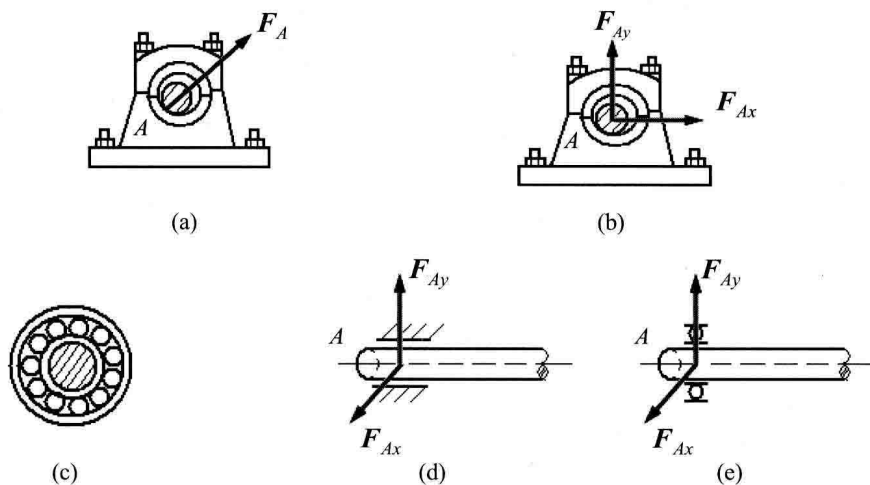


图 1-14 向心轴承约束

止推轴承约束与向心轴承约束不同，它除了能限制轴的径向位移以外，还能限制轴沿轴向的位移。因此，它比向心轴承多一个沿轴向的约束反力，即约束反力有三个正交分力  $F_{Ax}$ 、 $F_{Ay}$ 、 $F_{Az}$ 。止推轴承的简图及约束反力如图 1-15 所示。

#### (5) 球铰链约束

物体的一端为球形，能在固定的球窝中转动，这种空间类型的约束称为球铰链约束，简称球铰。若不计摩擦，其简图及约束反力如图 1-16 所示。

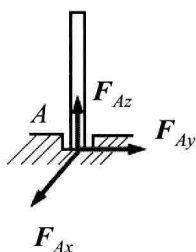


图 1-15 止推轴承约束

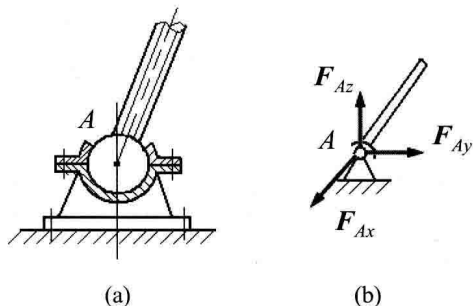


图 1-16 球铰链约束

### 1.3 物体的受力分析

作用在物体上的每一个力，都对物体的运动（包括平衡）产生一定的影响。因此，在工程实际中，常要分析某一构件受到哪些力的作用，在这些力当中哪些力是已知的，哪些力是未知的，它们的大小和方向如何等，这种对物体受力情况进行分析，称为**受力分析**。

在受力分析中，把所研究的物体称为研究对象；将研究对象从周围物体中分离出来，单独画出它的轮廓图形，称为**分离体**；在分离体上画出物体所受的全部外力，包括主动力和约束力，这个画有物体所受全部外力的分离体图，称为物体的**受力图**。

受力分析过程的步骤，可大致归纳如下：

- (1) 根据问题的要求确定研究对象，并将所确定的研究对象从周围的物体中分离出来（称为取分离体），画出其简图；
- (2) 为了避免漏画，应先画出作用在研究对象上的所有主动力，如重力、载荷等；
- (3) 按约束性质画出所有约束力（被动力），指向未定的可暂时假设；
- (4) 分析物体体系内各构件的受力时，一般应先找出二力构件，画出它的受力图。然后，画其他物体的受力图。

**【例题 1-2】** 如图 1-17(a)所示，重力为  $G$  的均质圆轮在边缘  $B$  处用绳子系住，绳  $AB$  通过轮心  $O$ ；圆轮边缘  $C$  点靠在光滑的固定曲面上，试画出圆轮的受力图。

解：(1) 取圆轮为研究对象，画其分离体图，如图 1-17(b)所示；

(2) 在分离体上画出主动力，即重力  $G$ ，作用在轮心  $O$ ，方向铅垂向下；

(3) 按约束性质画出约束力：柔绳  $AB$  对圆轮的拉力  $F_B$ ，作用在  $B$  点，沿绳索背离圆轮，作用线过轮心  $O$ ；曲面对圆轮的约束力，作用在  $C$  点，指向圆轮，作用线过轮心  $O$ ，图 1-17(c)即为圆轮的受力图。

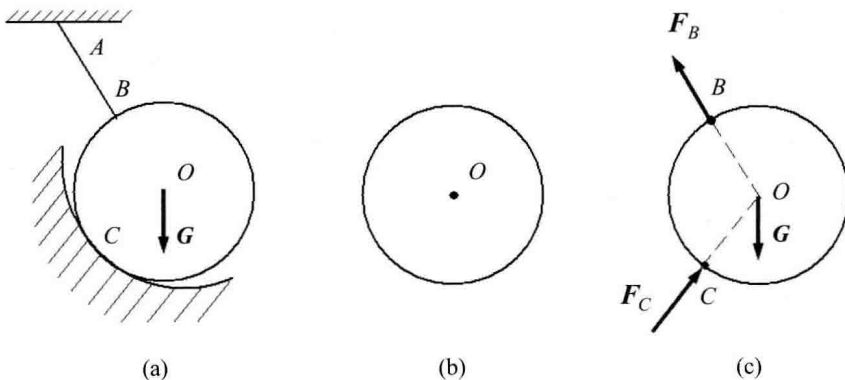


图 1-17 例题 1-2 图

**【例题 1-3】** 如图 1-18(a)所示是一个简易起重机。A、C、D 三处都是圆柱铰，被吊起重物重量为  $G$ ，绳子拉力为  $T$ ，不计自重，试画出各部分的受力图和整体受力图。

解：(1) 画  $CD$  杆的受力图，因不计自重，故  $CD$  杆为二力杆，先画出分离体图，然后画出其上受的约束力  $F_C$ 、 $F_D$ ，如图 1-18(b)所示；

(2) 画滑轮  $B$  和重物的受力图，先画出它们的分离体图，然后画出其上受的主动力  $G$ 、 $T$  和约束力  $F_{Bx}$ 、 $F_{By}$ ，如图 1-18(c)所示；



(3) 画  $AB$  的受力图, 先画出  $AB$  的分离体图,  $A$  处是铰链, 用正交  $F_{Ax}$ 、 $F_{Ay}$  来表示, 再画出  $D$  处的约束力以及  $B$  处约束力, 如图 1-18(d) 所示;

(4) 画整体的受力图, 以  $CD$ 、 $AB$  以及重物为一个整体, 取其为研究对象, 画其分离体图, 再画出其上所受的所有力, 包括主动力  $G$ 、 $T$  以及  $A$ 、 $C$  处的约束力, 而  $B$ 、 $D$  处的约束力是在研究对象系统内部的力, 称为内力, 不必画出, 如图 1-18(e) 所示。

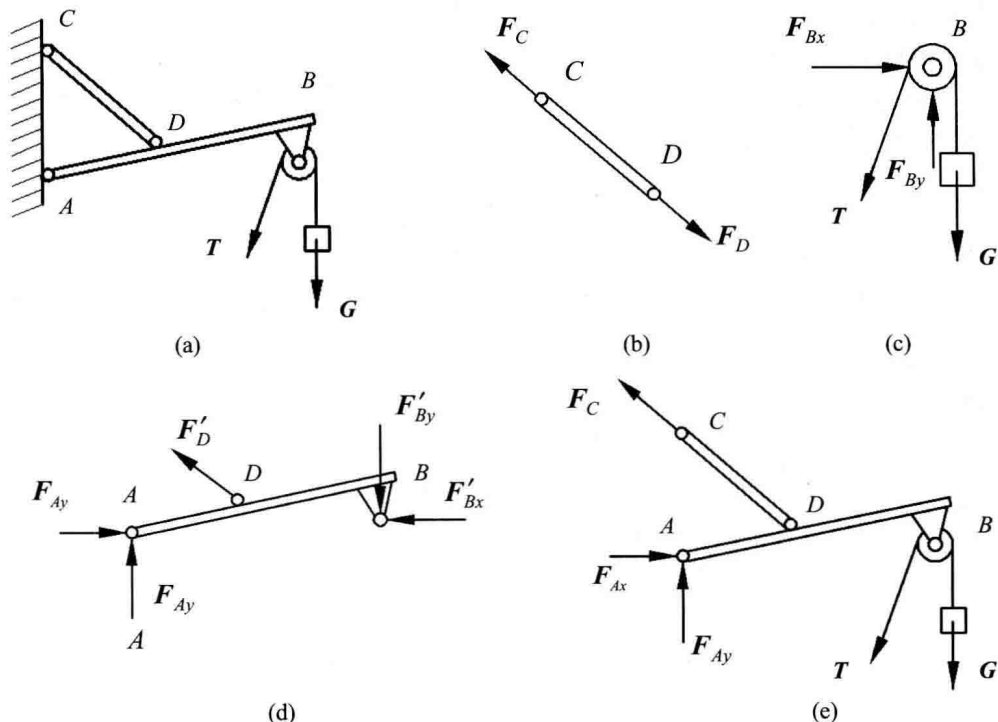


图 1-18 例题 1-3 图

## 本章小结

### 1. 静力学基本概念

- (1) 刚体: 力的作用下, 内部任两点间的距离始终保持不变的物体。
- (2) 平衡: 物体或系统相对于惯性参考系保持静止或做匀速直线运动的状态。
- (3) 力及力系: 物体间的相互机械作用叫作力, 多个力组成的系统叫作力系。
- (4) 约束: 限制非自由体部分运动的物体。

### 2. 静力学公理

- (1) 力的平行四边形法则。
- (2) 二力平衡公理。
- (3) 加减平衡力系公理。

推论: 力的可传性原理和三力平衡汇交定理。

- (4) 作用力与反作用力定律。