

普通高等教育“十一五”国家级规划教材修订版

# 工程力学 (第3版)

主 编 陈位宫

副主编 胡德淦 郁建伟

Mechanics

Engineering



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材修订版

GONGCHENG LIXUE

# 工程力学 (第3版)

主 编 陈位官

副主编 胡德淦 郁建伟

Engineering Mechanics

 高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《工程力学》(第二版)的修订版教材。本版教材既保持了前一版“以应用为目的”、“以必需够用为度”的原则,又作了较多的删节与改写,使叙述更加精练与简约,并删去了动力学的相关内容,从而缩减了所需教学时数,以适应培养应用型人才的教学改革需要。

本书分三篇共13章。第一篇静力学,内容包括:静力学基础,力系等效定理,汇交力系和力偶系,平面一般力系,空间一般力系、重心;第二篇材料力学,内容包括:拉伸、压缩与剪切,圆轴的扭转,弯曲内力,弯曲应力与弯曲变形,应力状态分析和强度理论,组合变形的强度计算;第三篇运动学,内容包括:点的运动,刚体的运动。各篇之间既有联系又相对独立,可根据学时数全选或分篇选用。

本书可作为高等学校机械类专业的工程力学教材,也可供近机械类专业选用及相关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

工程力学 / 陈位宫主编. --3 版. --北京:高等教育出版社,2012.12

ISBN 978-7-04-036480-4

I. ①工… II. ①陈… III. ①工程力学-高等学校-教材 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 276321 号

策划编辑 毛红斌 责任编辑 毛红斌 封面设计 王洋 版式设计 杜微言  
插图绘制 尹莉 责任校对 胡晓琪 责任印制 韩刚

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街4号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.landrac.com">http://www.landrac.com</a>
印 刷	北京鑫丰华彩印有限公司		<a href="http://www.landrac.com.cn">http://www.landrac.com.cn</a>
开 本	787mm×1092mm 1/16	版 次	2000年10月第1版
印 张	17.5		2012年12月第3版
字 数	420千字	印 次	2012年12月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	27.60元
咨询电话	400-810-0598		

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 36480-00

## 第 3 版序

本书自 2000 年初版以来已历时 10 余年。第一版是在教育部高等工程专科力学课程委员会的规划与指导下编写的,定为多学时,列为教育部高职高专规划教材。2008 年修订的第二版被审定教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材。随着国家科学技术的进步和教育改革的深入,培养高端技能型人才的任務愈加凸現,对力学课程改革的呼声与要求也越来越迫切,本书即在此形势下修订出版。

本书较第一、二版有以下变动:

- (1) 对内容进行了大幅度(超过三分之一)的删减,删去了动力学的全部内容。
- (2) 删去了第二版中的专题部分(电测法、光弹性法简介)。
- (3) 将空间中力对点之矩矢的部分内容移至书后作为附录一,供有兴趣的读者选读。
- (4) 精简后的摩擦部分并入平面一般力系。
- (5) 考虑到连接件的剪切、挤压与杆件的拉伸、压缩变形有一定的关联,将剪切与挤压归入拉伸、压缩一章。
- (6) 将原弯曲应力与弯曲变形两章合并为一章。
- (7) 删去压杆稳定与动载荷和交变应力两章,仅给出压杆稳定概念的简介。
- (8) 运动学则简单分述为点的运动与刚体的运动两章。

本书由陈位官任主编,胡德淦、郁建伟任副主编。胡德淦对全书的插图在第二版的基础上又作了补充、更新与完善。此外,瞿志豪、梅纪先、乔怡、米红林、周萍也对本书的出版提供了帮助。

本书承浙江大学陈乃立教授、北京工业职业技术学院张小亮副教授仔细审阅,并提出了许多严谨、详尽的宝贵意见和建议。编者谨向他们表示至诚的感谢。

因编者水平所限,修订后的教材难免仍有不妥与疏失,恳望广大读者批评指正。

为了方便教学,本书配套研发了授课用课件和习题题解。如果选用该教材,则免费向授课教师赠送。索取课件、习题题解、样书,并反馈使用意见,请发送邮件至 [996518667@qq.com](mailto:996518667@qq.com)。

编 者  
2012 年 8 月

## 第二版序

随着教学改革的发展,对应用型人才的培养提出了更高的要求。为适应新的教育教学改革需要,着手修订本教材。

“以应用为目的”、“以必需够用为度”仍然是本版教材编写的宗旨。为使教材更能体现高职高专的教学特色,本版较前版有以下几点改进:

(1)借鉴国外教材的相关理念,更新了全书的插图,使之更直观、生动,联系工程实际。

(2)在基本概念较集中的第2章中,对例题、习题作了大幅度调整与更新,突出了理论对实际的应用。

(3)增加了工程测试中广泛应用的电测法与光弹性法的简介,以增强学生的动手能力。

(4)考虑到部分院校的教学需要,增加了疲劳的应用实例。

(5)为方便查阅国外资料,在附录中增加了单位制换算表。

此外,在语言文字方面也作了适当删节与修改,使之更流畅,表述更准确。

参加本书修订的有上海应用技术学院陈位官(第2、17、18、19章)、瞿志豪(第3、13章、专题)、郁建伟(第6、20章)、梅纪先(第10、11、12章)、米红林(第4、5、14章),河南工业大学胡德淦(第1、9、15、16、21章),上海理工大学乔怡(第7、8章)、周萍(第22、23章)。全书由陈位官任主编,瞿志豪、胡德淦任副主编,胡德淦负责全书插图的审核,周萍画了多章的插图。

参加第一版编写的周忠荣、李海萍、仝茂源、翁德玮为本书的修订提供了帮助,并提出了修订意见,一并致谢。

上海大学何福保教授、同济大学王荣昌教授在百忙中仔细审阅了本教材,提出了宝贵意见。谨此,编者深深致谢。

因编者水平所限,修订后的教材仍不免有挂漏之虞,尚请广大教师和读者不吝赐教。

编者

2008年1月

# 第一版序

本教材系教育部高职高专规划教材,根据教育部《高职高专机械类专业力学课程教学基本要求》编写。本书严格把握读者定位,结合当前高职高专力学教学改革的需要,精选内容、恰当组织,以较简练的语言阐明工程力学最基本的概念以及内容间的内在联系,着力贯彻“以应用为目的”、“以必需够用为度”的原则。在编写过程中既注意学习、吸收有关院校近期力学教学内容的改革的成果,又尽量反映编者长期教学所积累的经验与体会,对若干内容作了适当的体系调整。例如,以力系的两个基本特征量——主矢和主矩为核心,将力系等效定理和力系平衡定理作为贯穿静力学的主线,并在动力学中得到相应的印证;同样,在讨论杆件各种基本变形的内力时,亦以统一的思路作为脉络贯穿始终,等。

本教材分三篇:第一篇静力学,第二篇材料力学,第三篇运动学和动力学。

若教学时数可敷讲授全书,宜将第三篇移至第二篇前为妥。

本教材适用于机类、近机类各专业的高职、高专与成人教育的多学时教学需要。

由于在本教材中工程力学的主要基本理论和基本概念未受削弱,因此,本教材对适当学时数的应用型本科相关专业亦适用。

本教材由上海应用技术学院陈位官(第2、17、18、19章)、瞿志豪(第3、13章)、翁德玮(第4、5、14章)、郁建伟(第6、20章)、仝茂源(第9、15、21章)、梅纪先(第10、11、12章),河南工业大学胡德淦(第1、16章),南京工业职业技术学院李海萍(第7、8章),广东顺德职业技术学院周忠荣(第22、23章)编写。全书由陈位官任主编,瞿志豪、胡德淦任副主编。

本教材承教育部高等工程专科力学课程教学委员会陈贵龄主任、北京航空航天大学谢传锋教授、大连理工大学郑芳怀教授仔细审阅,提出了许多宝贵的意见。谨此,编者诚挚致谢。

因编者水平有限,书中错误与缺憾恳望读者批评指出。

编者

2000年10月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

# 目 录

## 第一篇 静 力 学

引言 .....	1	3.1 汇交力系的合成 .....	30
第 1 章 静力学基础 .....	3	3.2 汇交力系的平衡 .....	32
1.1 静力学的基本概念 .....	3	3.3 力偶系 .....	36
1.2 静力学公理 .....	4	第 4 章 平面一般力系 .....	45
1.3 约束和约束力 .....	7	4.1 平面一般力系的简化 .....	45
1.4 物体的受力分析和受力图 .....	10	4.2 平面一般力系的平衡条件 .....	49
第 2 章 力系等效定理 .....	16	4.3 物体系统的平衡 静定与超 静定问题 .....	53
2.1 力在轴及平面上的投影 .....	16	4.4 考虑摩擦时的平衡问题 .....	56
2.2 力系的主矢 .....	18	第 5 章 空间一般力系 重心 .....	72
2.3 力对点之矩与力对轴之矩 .....	20	5.1 空间一般力系简化概述 .....	72
2.4 力系的主矩 .....	23	5.2 空间一般力系的平衡条件 .....	73
2.5 力系等效定理 .....	24	5.3 重心 .....	75
第 3 章 汇交力系和力偶系 .....	30		

## 第二篇 材 料 力 学

引言 .....	85	6.9 剪切与挤压的实用计算 .....	109
第 6 章 拉伸、压缩与剪切 .....	89	第 7 章 圆轴的扭转 .....	122
6.1 轴向拉伸与压缩的概念 .....	89	7.1 圆轴扭转的概念 .....	122
6.2 截面法 轴力 轴力图 .....	90	7.2 扭矩与扭矩图 .....	123
6.3 截面上的应力 .....	93	7.3 纯剪切 剪切胡克定律 .....	126
6.4 轴向拉伸或压缩时的变形 胡克定律 .....	97	7.4 圆轴扭转时的应力和强度 条件 .....	127
6.5 材料在拉伸与压缩时的机械 性质(力学性能) .....	100	7.5 圆轴扭转时的变形和刚度 条件 .....	132
6.6 轴向拉伸或压缩时的强度 计算 .....	105	第 8 章 弯曲内力 .....	138
6.7 应力集中的概念 .....	108	8.1 对称弯曲的概念 .....	138
6.8 压杆稳定的概念 .....	109	8.2 梁的计算简图及分类 .....	139
		8.3 剪力与弯矩 .....	140



8.4 剪力图与弯矩图 .....	142	9.9 提高梁强度和刚度的措施 .....	168
8.5 弯矩、剪力和载荷集度间的 关系 .....	145	<b>第 10 章 应力状态分析和强度理论</b> .....	177
<b>第 9 章 弯曲应力与弯曲变形</b> .....	151	10.1 应力状态的概念 .....	177
9.1 纯弯曲时梁横截面上的 正应力 .....	151	10.2 平面应力状态分析 .....	179
9.2 横力弯曲时梁横截面上的 正应力 .....	156	10.3 三向应力状态下的最大 切应力 .....	184
9.3 弯曲切应力简介 .....	159	10.4 广义胡克定律 .....	184
9.4 弯曲变形的概念 .....	161	10.5 强度理论 .....	187
9.5 梁的挠曲线近似微分方程 .....	161	<b>第 11 章 组合变形的强度计算</b> .....	196
9.6 用积分法求弯曲变形 .....	162	11.1 组合变形的工程实例及 分析方法 .....	196
9.7 用叠加法求弯曲变形 .....	163	11.2 拉伸(压缩)与弯曲的组合 变形 .....	197
9.8 梁的刚度校核 .....	168	11.3 扭转与弯曲的组合变形 .....	202

### 第三篇 运 动 学

引言 .....	211	<b>第 13 章 刚体的运动</b> .....	232
<b>第 12 章 点的运动</b> .....	213	13.1 刚体的平移 .....	232
12.1 矢量法 .....	213	13.2 刚体的定轴转动 .....	233
12.2 直角坐标法 .....	215	13.3 转动刚体内各点的速度和 加速度 .....	235
12.3 自然法 .....	218		
12.4 点的合成运动 .....	223		
附录一 空间中力对点之矩 .....	241		
附录二 型钢表 .....	243		
附录三 习题答案 .....	262		
主要参考书目 .....	269		

# 静力学

## 引 言

工程力学的研究范畴涵盖了物体在力作用下的机械运动和变形机理。

平衡是机械运动的特殊情形。静力学研究物体在力系作用下的平衡规律。因此,静力学讨论以下三方面的问题。

### 1. 物体的受力分析

即给出作用于物体的力系的全貌。

### 2. 力系的等效与简化

力系经过等效替换或简化,可清楚地刻画出力对物体的作用。主矢和主矩是力系的两个基本特征量。因而,力系对物体的作用取决于力系的主矢和主矩。

力系等效定理是力系等效替换与简化的理论基础。

### 3. 力系的平衡条件

归纳物体在各种力系作用下的平衡条件及相应的平衡方程,求解静力平衡问题是静力学最重要的任务。

以力系的主矢和主矩为核心的力系平衡定理是推演力系平衡条件的理论基础。

静力学中涉及的物体抽象为刚体。



# 第 1 章

## 静力学基础

### 1.1 静力学的基本概念

#### 1.1.1 力和力系的概念

人们通过长期的生产劳动和科学实践,建立了力的概念。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。例如用手推小车,手对小车的的作用力使它由静止开始运动;置于弹簧上的重物对弹簧的作用力使弹簧发生变形。

物体受到力的作用后,产生的效应表现在两个方面:

- (1) 外效应(运动效应)——使物体的运动状态发生变化;
- (2) 内效应(变形效应)——使物体的形状发生变化。

静力学研究的是力对物体的外效应。

力对物体的作用效应决定于以下三个要素:力的大小、方向、作用点。因此力是定位矢量。力的运算服从矢量运算法则。可以用矢量图示法即用一有向线段  $AB$  表示力,如图 1-1 所示。有向线段  $AB$  的长度按比例表示力的大小,线段的方位和箭头指向表示力矢<sup>①</sup>的方向,线段的起点或终点表示力的作用点。力所沿的直线称为力的作用线。对于手写体,矢量一般由一个字母加一个箭头表示,如  $\vec{F}$ 。本书中用黑体字母(如  $\mathbf{F}$ )标记矢量,而用对应的普通字母(如  $F$ )表示矢量的模。在国际单位制中,力的单位为牛顿,记为 N。

作用在物体上的一组力称为力系。按照力系中各力作用线在空间分布的不同形式,力系可分为:

- (1) 汇交力系 各力作用线相交于一点;
- (2) 平行力系 各力作用线相互平行;
- (3) 一般力系 各力作用线既不相交于一点,又不相互平行。

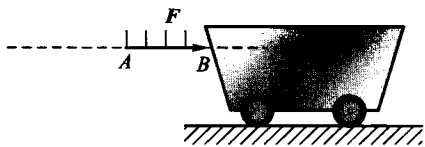


图 1-1

① 一个力的力矢应是从任意点作出的力矢量(即不表示力的作用点,只表示力的大小和方向的矢量,是一自由矢量)。

按照各力作用线是否位于同一平面内,上述三种力系各自又可分为平面力系和空间力系两类,如平面汇交力系、空间一般力系等。

工程中,物体往往同时受到一组力即力系的作用。力系对物体的效应取决于力系的两个基本特征量——力系的主矢和力系对一点的主矩。关于力系的主矢和对一点的主矩将在后面章节中加以研究。两个不同的力系,如果对同一物体产生相同的外效应,则该两力系互为等效力系。若一个力与一个力系等效,则这个力称为该力系的合力。

### 1.1.2 刚体的概念

实践表明,任何物体受力后总会产生程度不同的变形。但在通常情况下,工程中绝大多数零件和构件的变形都是很微小的,甚至要用专门的仪器才能测量出来。研究证明,在许多情况下这种微小的变形对物体的外效应的影响可以忽略不计,即不考虑力对物体作用时物体所产生的变形,而把它看作刚体。刚体是指在力的作用下保持其形状和大小均不变的物体。刚体是实际物体经过科学抽象和简化而得到的理想的力学模型。

然而,当变形在所研究的问题中成为主要因素时(例如在材料力学中),就不再将物体视为刚体了。

### 1.1.3 平衡的概念

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。显然,平衡是机械运动的特殊形式。作用于刚体使其处于平衡状态的力系称为平衡力系;平衡力系应满足的条件称为平衡条件。静力学研究刚体的平衡规律,即研究作用于刚体的力系的平衡条件。

## 1.2 静力学公理

静力学公理是从实践中总结得出的最基本的力学规律。这些规律的正确性已为实践反复证明。

### 1.2.1 公理一 二力平衡公理

作用于刚体的两力平衡的充分与必要条件是:此两力大小相等、方向相反、且沿同一作用线(简称此两力为等值、反向、共线),如图1-2所示,即

$$F_A = -F_B \quad (1-1)$$

对于变形体,这个条件是必要的,但不充分。如柔索受两个等值、反向、共线的压力作用就不能平衡。

在两个力作用下处于平衡的物体称为二力体,若为杆件,则称二力杆。由公理一可知,作用在二力杆上的两个力,必通过这两个力作用点的连线(与杆件形状无关),且等值、反向,如图1-3所示。

### 1.2.2 公理二 加减平衡力系公理

在作用于刚体的任意一个力系上,加上或减去任意个平衡力系,并不改变原力系对刚体的效应。

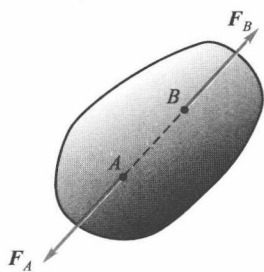


图 1-2

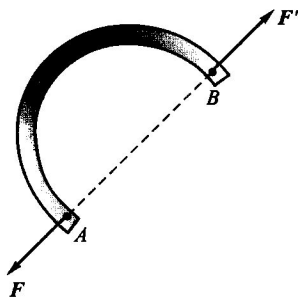


图 1-3

### 推论 力的可传性原理

作用于刚体某点的力,可沿其作用线任意移动作用点而不改变该力对刚体的效应。如图 1-4 所示,作用于小车 A 点的推力  $F$  可沿其作用线移到 B 点,得拉力  $F'$ 。虽然推力变为拉力,但小车的运动不会改变,即效应相同。因此,作用于刚体的力的三要素是力的大小、方向和作用线的位置。可见,作用于刚体的力是滑动矢量。

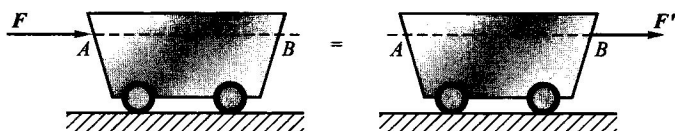


图 1-4

### 1.2.3 公理三 力的平行四边形法则

作用于物体同一点的两个力可以合成为一个合力。合力作用于该点,其大小和方向由以两分力为邻边所构成的平行四边形的对角线表示,即合力矢等于这两个分力矢的矢量和(图 1-5)。其矢量表达式为

$$\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 = \mathbf{F}_R \quad (1-2)$$

图中边  $BD$  与边  $AC$  平行且相等,因此可直接作  $\triangle ABD$ (图 1-6a),虽然矢量  $\vec{BD}$  并不是作用于 A 点的真实的力  $F_2$ ,但它可以表示力  $F_2$  的大小和方向,并由此作图得到合力  $F_R$ 。同样也可用矢量  $\vec{CD}$  表示力  $F_1$  的大小和方向,作  $\triangle ACD$  以得到合力  $F_R$ (图 1-6b)。以上作图法称为力的三角形法则。

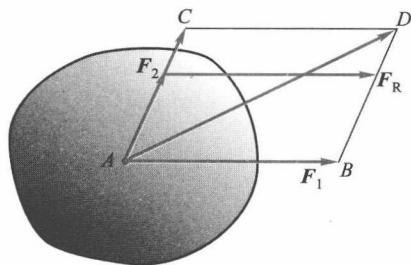


图 1-5

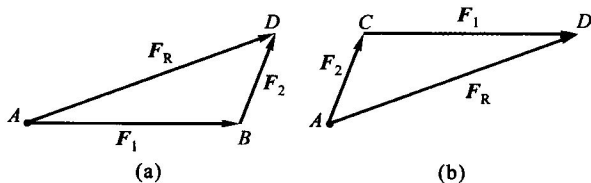


图 1-6



力的三角形法则可方便地推广至多个共点力的情形。例如,有三个力  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  作用于  $A$  点(图 1-7a)。用力的三角形法则先将力  $F_1$ 、 $F_2$  合成得到  $F'_R$ , 然后继续应用力的三角形法则, 将力  $F'_R$  与  $F_3$  合成得到力  $F_R$ , 此即为三个力  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  的合力(图 1-7b)。中间力  $F'_R$  仅用于过程的说明。事实上, 只需按各力相应的方向与大小, 作出诸矢量分别代表力  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ , 首尾相接地连接它们, 形成一个“链”, 即得到一个“开口”的力多边形。然后连接最先画的力矢( $F_1$ )的起点与最后画的力矢( $F_3$ )的终点, 得到一作为“封闭边”的力矢量。此力矢量就是原力系的合力矢。合力  $F_R$  的作用点仍为  $A$ 。以上作图法称为力的多边形法则。

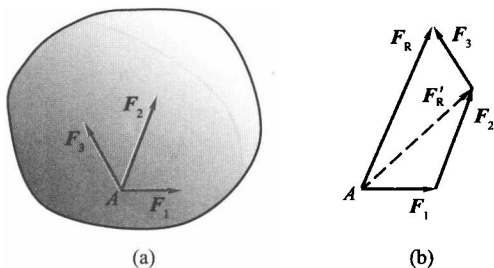


图 1-7

显然, 用力多边形法则求力系的合力时并不受力系中力的数目的限制。也不难证明, 合力的大小和方向与构成力多边形时所取各力的顺序无关。

利用力的平行四边形法则, 也可以把作用于物体的一个力分解为相交的两个分力, 分力和合力作用于同一点。工程中常把一个力分解为方向已知的两个(平面)或三个(空间)分力。特别地, 把一个力分解为方向已知且互相垂直的两个(平面)或三个(空间)分力。这种分解称为正交分解, 所得的两个(平面)或三个(空间)分力称为正交分力, 如图 1-8 所示。

#### 推论 三力平衡汇交定理

刚体受不平行的三个力作用(其中两个力的作用线相交于一点)而平衡时, 则此三个力的作用线在同一平面内且必汇交于一点, 如图 1-9 所示。此推论读者可用公理一和公理三自行证明。

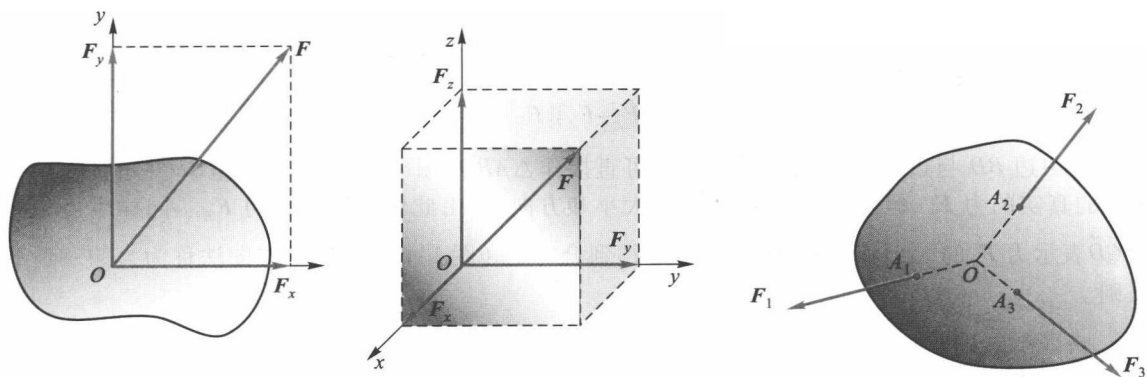


图 1-8

图 1-9

### 1.2.4 公理四 作用和反作用定律

两物体间相互作用的一对力, 总是大小相等、方向相反、且沿同一作用线, 并分别作用于这两个物体。这两个力互为作用力和反作用力。

## 1.3 约束和约束力

在空间可以自由运动,其位移不受任何限制的物体称为自由体,如空中飞行的飞机、火箭等。工程中的大多数物体,其某些方向的位移往往受到限制,这样的物体称为非自由体。例如,在钢轨上行驶的火车、安装在轴承中的转轴等,都是非自由体。对非自由体某些方向的位移起限制作用的周围物体称为约束。如钢轨是火车的约束,轴承是转轴的约束等。当物体沿着约束所限制的方向有运动趋势时,约束对物体必产生一作用力。约束对被约束物体的作用力称为约束力。约束力的方向总是与非自由体被约束所限制的位移方向相反。这是用以确定各种约束力方向的原则,至于约束力的大小则不能预先独立地确定。约束力有时以力偶的形式出现。约束力以外的其他力称为主动力。在静力学中,约束力和物体所受的主动力组成平衡力系,因此可用平衡条件求出约束力。

下面介绍几种工程中常用的约束类型,并分析其约束力的特点。

### 1.3.1 柔索约束

工程中常见的钢丝绳、三角带、链条等都可以简化为柔索。当物体受到柔索的约束时,柔索只能限制物体沿着柔索伸长方向的位移。因此,柔索的约束力作用于柔索与物体的接触点,其方向沿柔索背离被约束物体,即必为拉力。图 1-10a 所示为两根绳索悬吊一重物。根据柔索约束力的特点,可知绳索作用于重物的约束力是沿绳索的拉力  $F_A$ 、 $F_B$ 。图 1-10b 所示为带传动装置。带对带轮的约束力为沿两个带轮外公切线的  $F_1$ 、 $F_2$ 。

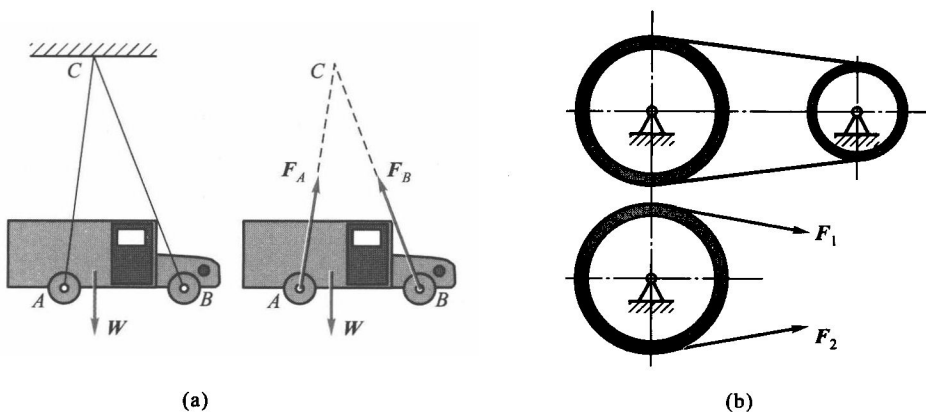


图 1-10

### 1.3.2 光滑接触面约束

若两接触面之间的摩擦很小,可以忽略不计时,则认为接触面是光滑的。光滑接触面对被约束物体在过接触点的切面内任意方向的位移不加限制,同时也不限制物体沿接触点处的公法线方向脱离接触面,但阻碍物体沿该公法线方向进入约束内部。因此光滑接触面的约束力必通过接触点,方向沿接触面在该点的公法线,指向被约束物体内部,即必为压力。通常这种约束力称



为法向约束力,如图 1-11 中的  $F_{NA}$ 、 $F_{NB}$ 、 $F_{NC}$ 、 $F_N$  所示。

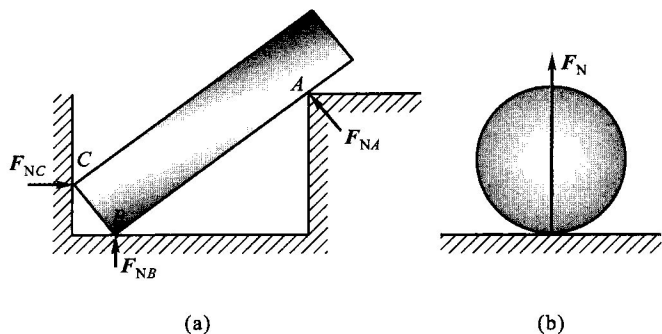


图 1-11

### 1.3.3 光滑圆柱铰链约束

开有相同大小圆孔的两个构件  $A$ 、 $B$  由圆柱形销钉  $C$  连接,如果不计摩擦,就构成了光滑圆柱铰链约束,如图 1-12a 所示。由于销钉的直径一般比孔的直径小,故销钉的外表面和孔的内表面的接触为线接触。此接触线为圆柱的一条母线,可用其中点  $K$  来代替。按照光滑接触面约束力的特点,销钉  $C$  作用于构件  $A$  的约束力  $F_N$  应沿接触点  $K$  处的公法线,即沿着通过  $K$  点的半径方向。由于接触点  $K$  的位置一般不能预先确定,所以约束力  $F_N$  的方向也不能确定。在实际受力分析时,可利用力的正交分解将该约束力表示为两个正交分力  $F_x$  和  $F_y$ ,如图 1-12b 所示。

光滑圆柱铰链有以下不同的结构。

(1) 固定铰支座 若构件通过圆柱铰链与固定在地面或机架上的支座相连接,则构成固定铰支座。其约束力一般用两个正交分力来表示,如图 1-12b 所示。图 1-12c 为固定铰支座的简化画法。图 1-13 中  $O$  处为固定铰支座。

(2) 可动铰支座 若在由圆柱铰链构成的支座与光滑支承面之间装有辊轴,就构成辊轴支座或可动铰支座。其约束力垂直于光滑支承面,如图 1-14a 所示。图 1-14b、c 为可动铰支座的简化画法。

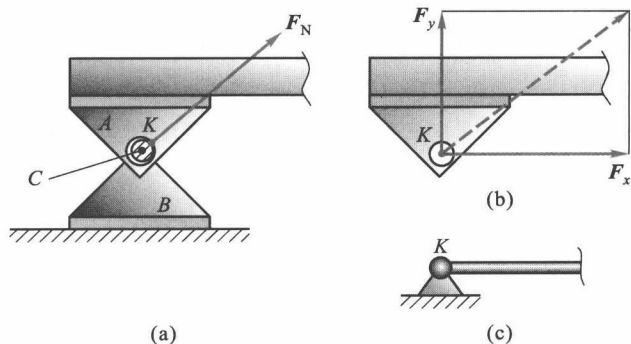
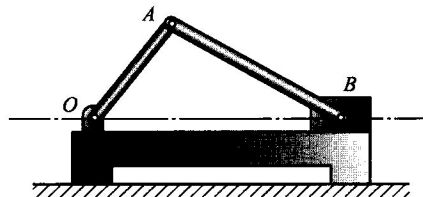


图 1-12



$O$ —固定铰支座; $A$ —中间铰链

图 1-13

(3) 中间铰链 将两个构件用圆柱铰链连接在一起,就构成中间铰链,如图 1-13 中  $A$  所