



“十三五”普通高等教育本科规划教材

简明理论力学

孙雅珍 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

简明理论力学

主 编 孙雅珍
编 写 苑学众 洪 媛



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材。全书共三篇13章，第一篇为静力学，包括物体受力分析、静力学基本量与计算、空间力系、平面任意力系；第二篇为运动学，包括运动学基础、点的合成运动、刚体平面运动；第三篇为动力学，包括质点动力学基本方程、动量定理、动量矩定理、达朗贝尔原理、动能定理、虚位移原理。此外，本书还附有常见均质物体的转动惯量。

本书强化基础，优化体系，注重提高分析问题和解决问题的能力，既适用于课堂教学，又便于自学。可作为普通高等院校机械、土建、交通、动力、水利、化工、采矿和冶金等专业中短学时的理论力学教材，同时也可作为成人教育、夜大、函授大学、职工大学相应专业的理论力学教材，还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

简明理论力学/孙雅珍主编. —北京: 中国电力出版社, 2016. 2

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5123-8607-5

I. ①简… II. ①孙… III. ①理论力学-高等学校-教材 IV. ①O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 283721 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 2 月第一版 2016 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 313 千字

定价 28.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材，书中内容深浅适宜，可作为普通高等院校机械、土建、交通、动力、水利、化工、采矿和冶金等专业中短学时的简明理论力学教材，同时也可作为成人教育、夜大、函授大学、职工大学相应专业的理论力学教材，还可供有关工程技术人员参考。

本书的主要特点如下：

(1) **强化基础**。静力学从基本量（力和力偶）入手，加强基本概念의讲述，着重培养学生基本概念의掌握和计算能力，为后面的平衡方程和动力学基本方程做好充分准备，为后续的力学课程打下坚实的基础；运动学把点的运动学和刚体的基本运动统称为运动学基础，强化运动学基本量（速度和加速度）的理解和计算。

(2) **优化体系**。力系的简化与平衡方程通过空间任意力系（最一般的力系）讲解，避免了各种力系简化的重复内容，并强调了主矢和主矩的概念，为动量定理和动量矩定理打好基础；动力学中为了强调达朗贝尔原理和刚体运动微分方程的一致性，将达朗贝尔原理放在动量定理和动量矩定理之后，同时也强调了矢量运算。

(3) **培养分析和解决问题的能力**。例题注重分析和讨论，力求使读者思路清晰，解题步骤明确，培养读者分析问题和解决问题的能力，既适用于课堂教学，又便于自学。

本书由孙雅珍负责全书统稿。内容主要由孙雅珍编写，习题由苑学众和洪媛编写。

限于编者的水平和经验，书中难免会有疏漏和不足之处，恳请同行专家和广大读者批评指正！

编 者

2016年1月

主要符号表

\boldsymbol{a}_a	绝对加速度	M	平面力偶矩
\boldsymbol{a}_n	法向加速度	$M_z(F)$	力 F 对 z 轴的矩
\boldsymbol{a}_t	切向加速度	\boldsymbol{M}	力偶矩矢
\boldsymbol{a}_r	相对加速度	$\boldsymbol{M}_O(F)$	力 F 对点 O 的矩
\boldsymbol{a}_e	牵连加速度	\boldsymbol{M}_I	惯性力的主矩
\boldsymbol{a}_C	科氏加速度	n	质点的数目
f	动摩擦因数	\boldsymbol{P}	重力
f_s	静摩擦因数	\boldsymbol{p}	动量
\boldsymbol{F}	力	r	半径
\boldsymbol{F}_I	惯性力	r_O	点 O 的矢径
\boldsymbol{F}_N	法向约束力	r_C	质心的矢径
\boldsymbol{F}_R	主矢或合力	T	动能
\boldsymbol{F}_s	静滑动摩擦力	\boldsymbol{v}	速度
$\boldsymbol{F}^{(e)}$	外力	s	弧坐标
$\boldsymbol{F}^{(i)}$	内力	t	时间
\boldsymbol{g}	重力加速度	\boldsymbol{v}_a	绝对速度
\boldsymbol{i}	x 轴的单位矢量	\boldsymbol{v}_r	相对速度
\boldsymbol{I}	冲量	\boldsymbol{v}_e	牵连速度
\boldsymbol{j}	y 轴的单位矢量	\boldsymbol{v}_C	质心速度
J_z	刚体对 z 轴的转动惯量	V	势能
J_C	刚体对质心轴的转动惯量	W	力的功
k	弹簧的刚度系数	α	角加速度
\boldsymbol{k}	z 轴的单位矢量	$\boldsymbol{\alpha}$	角加速度矢量
L_O	刚体对点 O 的动量矩	φ_m	摩擦角
L_C	刚体对质心的动量矩	δ	变分符号
L_z	刚体对 z 轴的动量矩	ω	角速度
m	质量	$\boldsymbol{\omega}$	角速度矢量

目 录

前言	
主要符号表	
绪论	1

第一篇 静 力 学

第 1 章 物体受力分析	3
1.1 静力学公理	3
1.2 约束与约束力	5
1.3 物体受力分析	9
习题 1	13
参考答案	16
第 2 章 静力学基本量与计算	17
2.1 力和力矩	17
2.2 力偶	22
习题 2	24
参考答案	26
第 3 章 空间力系	27
3.1 空间力系向一点简化, 主矢和主矩	27
3.2 空间力系的平衡方程及应用	32
习题 3	35
参考答案	38
第 4 章 平面任意力系	40
4.1 单个刚体的平衡问题求解	40
4.2 平面刚体系统的平衡问题求解	44
4.3 考虑摩擦的平衡问题求解	48
习题 4	53
参考答案	62

第二篇 运 动 学

第 5 章 运动学基础	65
5.1 描述点运动的矢量法	65
5.2 描述点运动的直角坐标法	66

5.3	自然坐标法描述点的运动	67
5.4	刚体平移	71
5.5	刚体定轴转动	72
5.6	定轴转动刚体的矢量描述	75
	习题 5	77
	参考答案	81
第 6 章	点的合成运动	83
6.1	基本概念	83
6.2	合成运动中速度之间的关系	83
6.3	合成运动中加速度之间的关系	88
	习题 6	91
	参考答案	96
第 7 章	刚体平面运动	97
7.1	平面运动的运动方程	97
7.2	平面运动的速度分析	98
7.3	平面运动的加速度分析	105
	习题 7	109
	参考答案	114

第三篇 动 力 学

第 8 章	质点动力学基本方程	116
8.1	动力学的基本定律	116
8.2	质点运动微分方程	117
	习题 8	121
	参考答案	123
第 9 章	动量定理	125
9.1	动量定理	125
9.2	质心运动定理	127
	习题 9	129
	参考答案	133
第 10 章	动量矩定理	134
10.1	质点系对定点的动量矩定理	134
10.2	刚体定轴转动微分方程	139
10.3	质点系相对质心动量矩定理与刚体平面运动微分方程	140
	习题 10	143
	参考答案	148
第 11 章	达朗贝尔原理	150
11.1	达朗贝尔原理	150

11.2 刚体惯性力系的简化	151
习题 11	154
参考答案	157
第 12 章 动能定理	159
12.1 动能	159
12.2 力的功	160
12.3 动能定理	163
12.4 势力场 势能 机械能守恒定律	167
习题 12	171
参考答案	178
第 13 章 虚位移原理	180
13.1 约束 虚位移 虚功	180
13.2 虚位移原理	181
习题 13	185
参考答案	188
附录 常见均质物体的转动惯量	190
索引	192
Contents	195
参考文献	198
主编简介	199

绪 论

1. 理论力学的研究对象和内容

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

物体在空间的位置随时间而改变的运动，称为**机械运动**。机械运动是人们生活和生产实践中最常见的一种运动。在物质的各种运动形式中，机械运动是最简单的一种。物质的各种运动形式在一定条件下可以相互转化，而且在高级和复杂的运动中，往往存在着简单的机械运动。

本课程研究的内容是速度远小于光速的宏观物体的机械运动，它以伽利略和牛顿总结的基本定律为基础，属于古典力学的范畴。

至于速度接近光速的物体和基本粒子的运动，则必须用相对论和量子力学的观点才能完善地予以解释。宏观物体远小于光速的运动是日常生活及一般工程中最常遇到的，古典力学有着最广泛的应用。理论力学所研究的则是这种运动中最一般、最普遍的规律，是各门力学分支的基础。

本课程的内容包括以下三部分。

静力学：物体的受力分析；力系的等效替换和简化；力系的平衡条件及其应用。

运动学：只从几何角度来研究物体的运动（如轨迹、速度和加速度等），而不研究引起物体运动的物理原因。

动力学：研究受力物体的运动与作用力之间的关系。

2. 理论力学的研究方法

研究科学的过程，就是认识客观世界的过程，任何正确的科学研究方法，一定要符合辩证唯物主义的认识论。理论力学也必须遵循这个正确的认识规律进行研究和发展的。

通过观察生活和生产实践中的各种现象，实行多次的科学实验，经过分析、综合和归纳，总结出力学的最基本的规律。

在对事物观察和实验的基础上，经过抽象化建立力学模型，形成概念，在基本规律的基础上，经过逻辑推理和数学演绎，建立理论体系。

客观事物都是具体的、复杂的，为找出其共同规律，必须抓住主要因素，舍弃次要因素，建立**抽象化的力学模型**。例如，忽略一般物体的微小变形，建立在力的作用下物体形状、大小均不改变的刚体模型；抓住不同物体间机械运动的相互限制的主要方面，建立一些典型的理想约束模型；为分析复杂的振动现象，建立了弹簧质点的力学模型等。这种抽象化、理想化的方法，一方面简化了所研究的问题；另一方面也更深刻地反映出事物的本质。当然，任何抽象化的模型都是相对的。当条件改变时，必须再考虑到影响事物的新的因素，建立新的模型。又如：在研究物体受外力作用而平衡时，可以忽略物体形状的改变，采用刚体模型；但要分析物体内部的受力状态或解决一些复杂物体系统的平衡问题时，必须考虑到物体的变形，建立弹性体模型。

生产实践中的问题是复杂的，不是一些零散的感性知识所能解决的。理论力学成功地运

用逻辑推理和数学演绎的方法,由少量最基本的规律出发,得到了从多方面揭示机械运动规律的定理、定律和公式,建立了严密而完整的理论体系。这对于理解、掌握以及应用理论力学都是极为有利的。数学方法在理论力学的发展中起了关键作用。近代计算机的发展和普及,不仅能完成力学问题中大量繁杂的数值计算,而且在逻辑推理、公式推导等方面也是极有效的工具。

将理论力学的理论用于实践,在解释世界、改造世界中不断得到验证和发展。实践是检验真理的唯一标准,实践中所遇到的新问题又是促进理论发展的源泉。古典力学理论在现实生活和工程中,被大量实践验证为正确,并在不同领域的实践中得到发展,形成了许多分支,如刚体力学、弹性力学、流体力学、生物力学等。大到天体运动,小到基本粒子的运动,古典力学理论在实践中又都出现了矛盾,表现出真理的相对性。在新条件下,必须修正原有的理论,建立新的概念,才能正确指导实践,改造世界,并进一步地发展力学理论,形成新的力学分支。

3. 学习理论力学的目的

理论力学是一门理论性较强的技术基础课。学习理论力学的目的如下。

(1) **工程专业一般都要接触机械运动的问题。**有些工程问题可以直接应用理论力学的基本理论去解决,有些比较复杂的问题,则需要用理论力学和其他专门知识来共同解决。所以学习理论力学是为解决工程问题打下一定的基础。

(2) **理论力学是研究力学中最普遍、最基本的规律。**很多工程专业的课程,例如材料力学、机械原理、机械设计、结构力学、弹性力学、流体力学、振动理论、断裂力学以及许多专业课程等,都要以理论力学为基础,所以理论力学是学习一系列后续课程的重要基础。

随着现代科学技术的发展,力学的研究内容已渗入到其他科学领域,例如固体力学和流体力学的理论被用来研究人体内骨骼的强度、血液流动的规律,以及植物中营养的输送问题等,形成了生物力学;流体力学的理论被用来研究等离子体在磁场中的运动,形成电磁流体力学;还有爆炸力学、物理力学等都是力学和其他学科结合而形成的边缘科学。这些新兴学科的建立都必须以坚实的理论力学知识为基础。

第一篇 静 力 学

静力学研究物体在力系作用下的平衡规律，这是力学的基本内容，其中所涉及的概念和方法应用广泛，影响深远。

这里的物体是指抽象化的刚体。刚体是指物体在力的作用下，其内部任意两点之间的距离始终保持不变。这是一个理想化的力学模型，实际中如果物体受力作用时，变形很小且不影响所要研究问题的实质，就可以忽略其变形，将其视为刚体，这是一种科学的抽象，可以使计算简化。本篇中除特别说明外，文中的物体都指刚体。

力系是指作用在物体上的一组力。若作用在同一刚体的两组不同力系使该刚体的运动状态产生完全相同的变化，则称它们互为等效力系。一个力系用其等效力系来代替，称为力系的等效替换。用一个简单力系等效替换一个复杂力系，称力系的简化。

平衡是指运动的一种特殊状态，通常理解为物体相对于惯性参考系处于静止或匀速直线运动状态。实践经验表明，物体上作用的力系只要满足一定的条件，即可使物体保持平衡，这种条件称为力系的平衡条件。满足平衡条件的力系称为平衡力系。平衡力系也定义为简化结果为零的力系。

静力学主要研究以下三个基本问题：

- (1) 物体的受力分析。
- (2) 力系的等效替换和简化。
- (3) 力系的平衡条件及其应用。

第1章 物 体 受 力 分 析

在静力学中，对物体进行正确的受力分析是解决问题的关键。本章在介绍静力学公理、约束和约束力的基础上讨论物体的受力分析。

1.1 静 力 学 公 理

人们在长期生产、生活实践中，发现和总结出一些最基本、最普遍的规律，经客观实践证明是正确的。

公理1 二力平衡公理

作用在刚体上的两个力使刚体处于平衡的必要和充分条件是：这两个力大小相等、方向相反、作用在同一条直线，即等值、反向、共线。

这个公理表明了作用于刚体上最简单力系平衡时所必须满足的条件。

公理2 加减平衡力系公理

在已知力系上,任意加上或减去一个平衡力系,与原力系对刚体的作用等效。

这个公理是研究力系等效替换的重要依据。

根据公理 1 和公理 2 可以导出推论。

推论 力的可传性

作用在刚体上某点的力,可以沿着它的作用线移动到刚体的任意一点,并不改变该力对刚体的作用。

证明 设有力 F 作用在刚体的点 A , 如图 1-1 (a) 所示, 根据加减平衡力系公理, 可以在力的作用线上任意选取一点 B , 并加上两个相互平衡的力 F_1 和 F_2 , 使 $F = -F_2 = F_1$, 如图 1-1 (b) 所示。由于力 F_2 和 F 是一个平衡力系, 故可减去, 这样刚体上就只有 F_1 作用, 如图 1-1 (c) 所示。因此, 原来的力 F 就相当于沿其作用线移动到了点 B 。

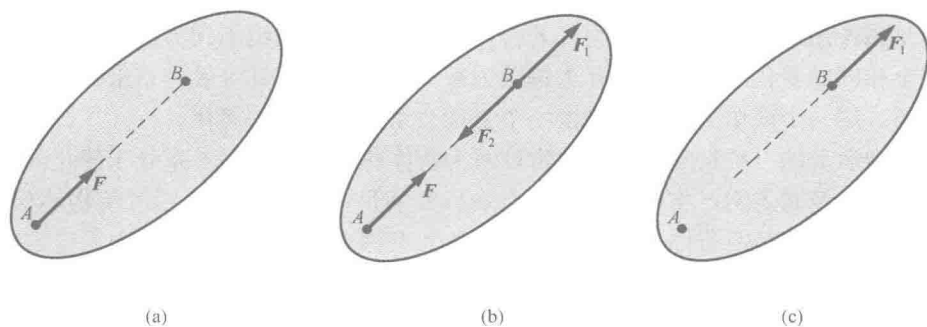


图 1-1

因此, 作用于刚体上力的三要素变为力的大小、力的方向和力的作用线。可见, 作用于刚体上的力为滑动矢量。

公理 3 力的平行四边形法则

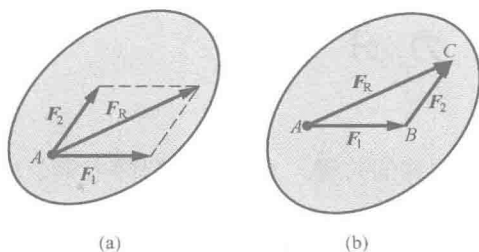


图 1-2

作用于物体上同一点的两个力可以合成为一个合力。合力的作用点仍然在该点。合力的大小和方向以这两个力为邻边的平行四边形的对角线来确定。或者说, 合力矢等于这两个分力矢的几何和, 如图 1-2 (a) 所示, 即

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

也可用力的三角形法则, 如图 1-2 (b) 所示。这个公理是力系简化的理论基础。

公理 4 作用和反作用力定律

两个物体间的作用和反作用力总是大小相等、方向相反、作用在同一直线, 分别作用在两个物体上, 如图 1-3 所示。

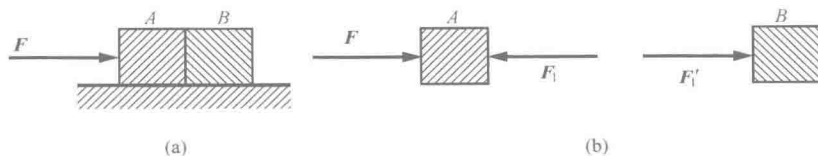


图 1-3

这个定律表明了作用力和反作用力是成对出现的，同时作用力和反作用力等值、反向、共线、异体、共存。

这个公理概括了物体间相互作用的关系，为研究多个物体组成的物系问题提供了理论基础。

公理5 刚化原理

变形体在某一力系作用下处于平衡，如将此变形体刚化为刚体，其平衡状态保持不变。

这个公理提供了把变形体看作为刚体模型的条件。如图 1-4 所示，绳索在等值、反向、共线的两个拉力作用下处于平衡，如将绳索刚化成刚体，其平衡状态保持不变。若绳索在两个等值、反向、共线的压力作用下并不能平衡，这时绳索就不能刚化为刚体。但刚体在上述两种力系的作用下都是平衡的。

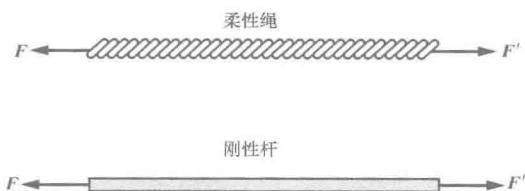


图 1-4

由此可见，刚体的平衡条件是变形体平衡的必要条件，而非充分条件。在刚体静力学的基础上，考虑变形体的特性，可进一步研究变形体的平衡问题。

1.2 约束与约束力

因为力是物体间的相互机械作用，所以我们分析物体的受力时必须了解有关物体之间的相互接触和联系方式。

空间位移不受任何限制的物体称为**自由体**，如空中飞行的飞机、炮弹和火箭等。由于与周围物体接触，某些方向的位移受到限制的物体称为**非自由体**，如机车受铁轨的限制，只能沿轨道运动；电动机转子受轴承的限制，只能绕轴线转动；重物由钢索吊住，不能下落等。对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体称为**约束**。例如，铁轨对于机车，轴承对于电动机转子，钢索对于重物等，都是约束。既然约束阻碍着物体的位移，也就是约束能够起到改变物体运动状态的作用，所以约束对物体的作用实际上就是力，这种力称为**约束力**（或称**约束反力**或**反力**）。物体除受约束力外，还受各种载荷如重力、风力、水压力等，它们是促使物体运动或有运动趋势的力，称为**主动力**，这种力认为是可以被独立确定。而约束力事先不能被确定，约束力通常取决于约束本身的性质、主动力和物体的运动状态。约束力作用在物体相互接触处，约束力的方向必与约束所能限制的位移方向相反，这是确定约束力方向或

作用线位置的准则。在静力学问题中，约束力和主动力组成平衡力系，因此可用平衡条件求出未知的约束力。

下面介绍工程中几种基本约束，并对其约束力进行分析。

1. 光滑接触面

若两物体的接触面上摩擦力很小，可忽略，则接触面可简化为光滑表面，如支持物体的固定面（见图 1-5）、机床中的导轨等。光滑接触面只能限制物体

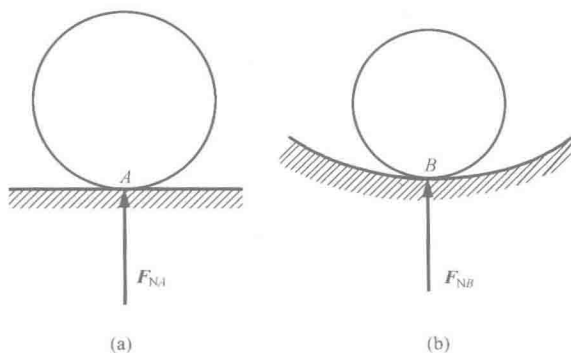


图 1-5

沿接触面法向的位移,而不能限制物体沿约束面切向的位移。因此,光滑接触面对物体的约束力作用在接触点,方向沿接触面的公法线,并指向受力物体,使物体受压。这种约束力称为法向约束力,通常用 F_N 表示,如图 1-5 中的 F_{NA} 和 F_{NB} 等。

2. 柔索

如图 1-6 所示,工程中的钢丝绳、链条或胶带等物体可简化为柔索,其特点是不计自重,不可伸长,只能受拉力。因此,柔索对物体的约束力作用在接触点,方位沿着柔索,指向背离物体,使物体受拉。通常用 F_T 表示。

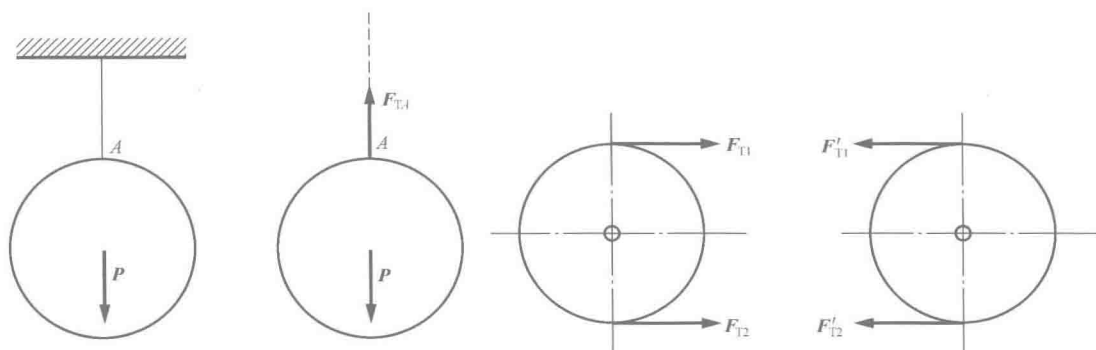


图 1-6

3. 光滑铰链约束

(1) 铰链和固定铰支座。圆柱铰链简称铰链,它是由销钉将两个钻有同样大小孔的构件连接在一起而成的约束,如图 1-7 (a) 所示,其简图如图 1-7 (c) 所示。这类约束的特点是只能限制物体沿圆柱销的任意径向移动,不能限制物体绕圆柱销轴线的转动和平行于圆柱销轴线方向的移动。由于圆柱销钉与圆柱孔是光滑曲面接触,则约束力应沿接触点的公法线(即接触点到圆柱销中心的连线),垂直于轴线,如图 1-7 (b) 所示。但因接触点的位置随荷载的方向而改变,因此,这种约束的约束力通过圆孔中心,但方向不确定,通常用垂直分量来表示,如图 1-7 (d) 所示。

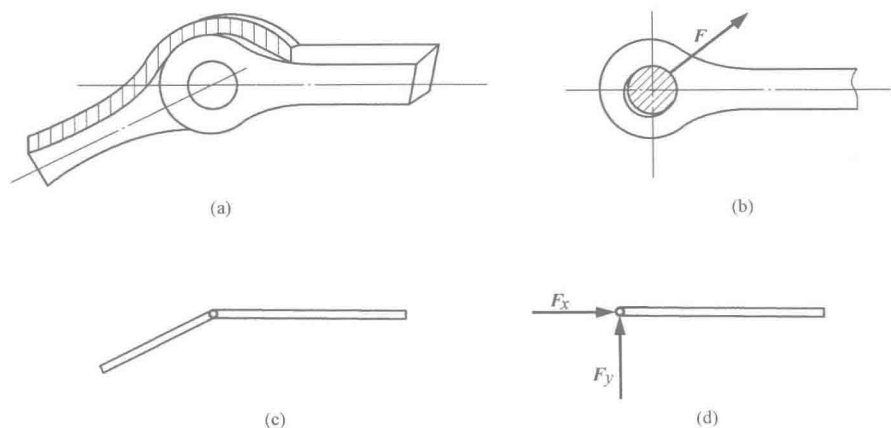


图 1-7

圆柱销连接处称为铰接点，如果铰链连接中有一个固定在地面或机架上作为支座，则这种约束称为**固定铰链支座**，简称**固定铰支座**。铰支座的简图及约束力的画法如图 1-8 所示。

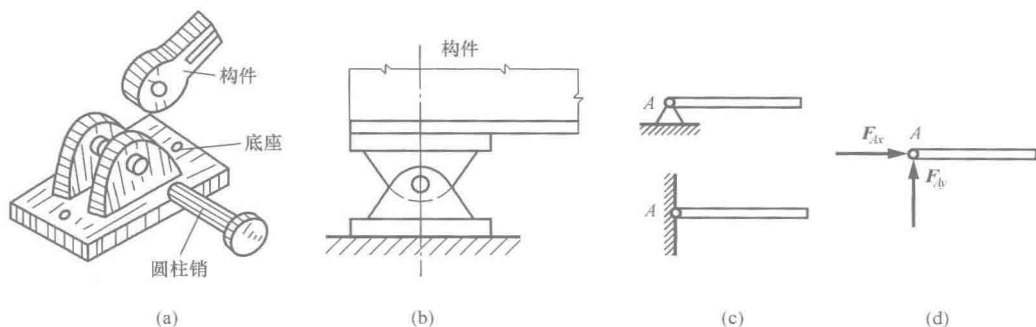


图 1-8

(2) **活动铰支座**。在桥梁、屋架等结构中经常采用活动铰支座约束。这种支座是在铰链支座与光滑支承面之间装有几个辊轴而构成的，又称**辊轴支座**或**可动支座**，如图 1-9 (a) 所示，其简图如图 1-9 (b) 所示。它可以沿支承面移动，允许由于温度变化而引起结构跨度的自由伸长或缩短。显然，活动铰支座不能阻止构件沿着支撑面的运动，所以其**约束力必垂直于支承面且通过铰链中心，指向不定**。通常用 F_N 表示其法向约束力，如图 1-9 (c) 所示。

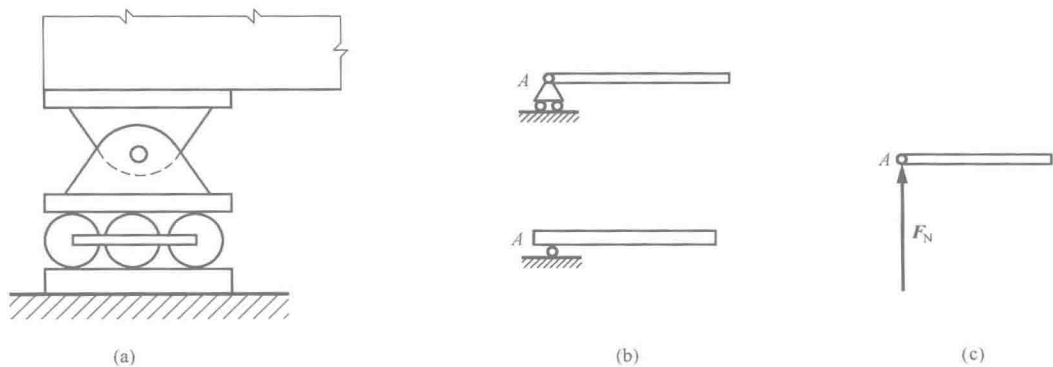


图 1-9

(3) **链杆**。两端用光滑销钉与物体相连中间不受力的刚杆（直杆或弯杆）称为**链杆**。这种链杆常被用来作为拉杆或支撑，用两端的铰链连接物体。这种链杆只能阻止物体上与链杆连接的一点沿着链杆中心线趋向或离开链杆的运动。所以链杆的约束力**沿着链杆中心线，指向不定**，如图 1-10 所示。

4. 空间约束

(1) **球铰链**。通过圆球和球壳将两个构件连接在一起的约束称为**球铰链**，如图 1-11 (a) 所示。它使圆球的球心不能有任何位移，但构件可绕球心任意转动。若忽略摩擦，与圆柱铰链分析相似，其约束力应是通过球心但方向不能预先确定的一个空间力，可用三个正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 、 F_{Az} 表示，其简图及约束力如图 1-11 (b) 所示。

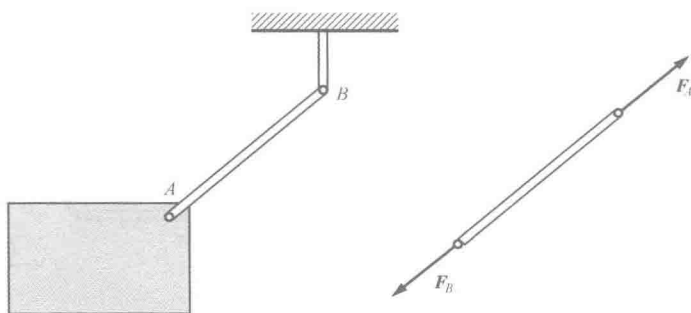


图 1-10

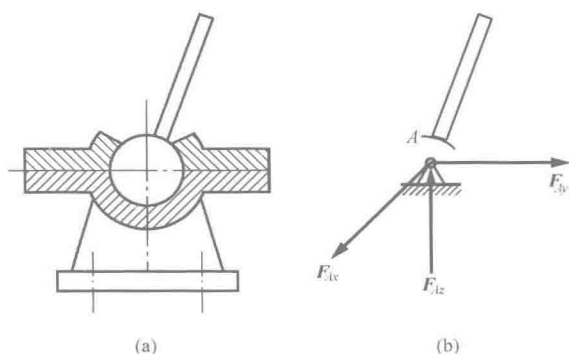


图 1-11

(2) 向心轴承(径向轴承)。图 1-12 (a)、(b) 所示为轴承装置,可画成如图 1-12 (c) 所示的简图。轴可在孔内任意转动,也可沿孔的中心线移动;但是,轴承阻碍着轴沿径向向外的位移。忽略摩擦,当轴和轴承在某点 A 光滑接触时,轴承对轴的约束力 F_A 作用在接触点 A ,且沿公法线指向轴心,如图 1-12 (b) 所示。

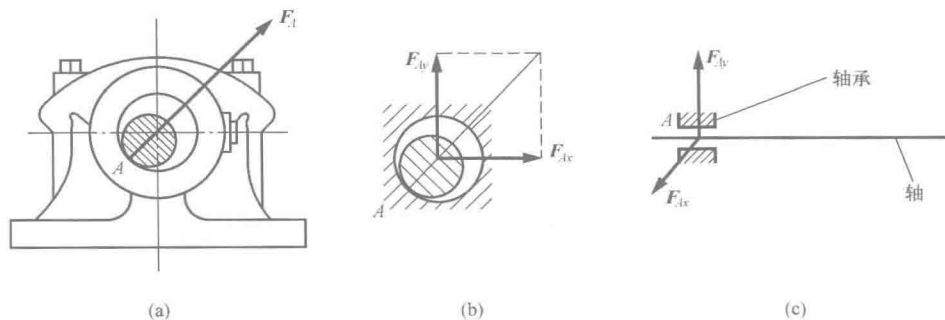


图 1-12

但是,随着轴所受的主动动力不同,轴和孔的接触点的位置也随之不同。所以,当主动力尚未确定时,约束力的方向预先不能确定。然而,无论约束力朝向何方,它的作用线必垂直于轴线并通过轴心。这样一个方向不能预先确定的约束力,通常可用通过轴心的两个大小未知的正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 来表示,如图 1-12 (c) 所示, F_{Ax} 、 F_{Ay} 的指向可任意设定。

(3) 止推轴承。止推轴承与径向轴承不同, 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, 它比径向轴承多一个沿轴向的约束力, 即其约束力有三个正交分量 F_{Ax} 、 F_{Ay} 、 F_{Az} 。止推轴承的简图及其约束力如图 1-13 所示。

5. 固定端

将物体的一端牢固地插入基础或固定在其他静止的物体上, 则称为固定端。图 1-14 (a) 和图 1-14 (b) 分别为平面固定端和空间固定端的简图, 固定端除了限制物体的移动, 还限制物体的转动。因此, 固定端的约束为一个力和一个力偶。图 1-14 (c) 和图 1-14 (d) 分别为平面固定端和空间固定端的约束力表示。

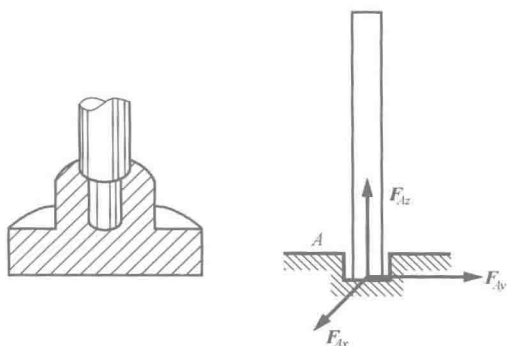


图 1-13

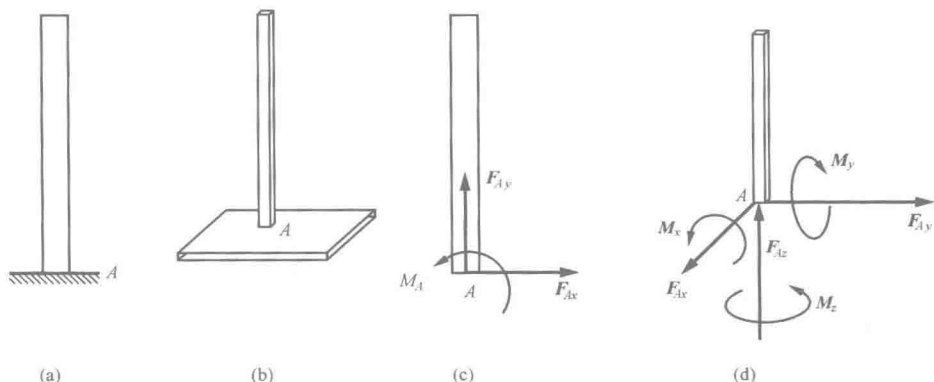


图 1-14

分析实际的约束时, 有时要忽略一些次要因素, 抓住主要因素, 作一些合理的简化。也可以根据自由度的个数来确定约束力。

1.3 物体受力分析

受力分析不仅是构件设计的基础, 而且是动力分析的基础。受力分析包含以下几方面工作: 将所研究部分的周围约束去掉, 并从整体中分离出来, 称为取分离体 (取研究对象); 根据外加载荷和约束性质判断并确定作用在物体上有几个力? 哪些是主动力? 哪些是约束力? 各力的作用线、方向、大小如何。在分离体上逐一画出作用于其上的全部力 (包括主动力和约束力), 这种图形称为受力图。下面举例说明画受力图的方法和步骤。

【例 1-1】 如图 1-15 所示, 一个梯子 AB, 两端放在光滑面上, 在点 C 用一水平绳与墙连接, 梯子重量为 P , 作用在点 D。试画出梯子 AB 的受力图。

解 本题为单刚体受力分析问题。

- (1) 取研究对象: 梯子 AB。
- (2) 画主动力: 梯子重力 P 。