

机 械 基 础

主 编 易荣英
副主编 朱品武
主 审 陈庭吉

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书依据高职教育的培养目标,将工程力学和机构与机械零件有机地结合在一起,既保证基础知识内容,又注重知识的实用性,使教材内容有利于提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书共 3 篇 17 章。第 1 篇静力学,内容包括静力学基本概念及受力分析、平面任意力系、空间力系、重心和形心、摩擦和自锁;第 2 篇构件的承载能力,内容包括轴向拉伸和压缩、联接件的强度计算、扭转、梁的弯曲、压杆稳定、疲劳强度;第 3 篇机构及机械零件,内容包括平面机构的结构分析、平面连杆机构、凸轮机构及其他常用机构、齿轮传动、轮系、带传动和链传动、联接、轴、滚动轴承、联轴器和离合器。

本书可作为高等职业技术学院近机类、机电类各专业《机械基础》课程的教材,也可作为高等专科学校、成人高校教学用书及有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/易荣英主编. —重庆:重庆大学出版社,
2006.8

(高职高专机械系列教材)

ISBN 7-5624-3658-4

I. 机... II. 易... III. 机械学—高等学校:技术
学校—教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 046769 号

机械基础

主 编 易荣英

副主编 朱品武

主 审 陈庭吉

责任编辑:曾令维 李定群 版式设计:曾令维

责任校对:谢 芳 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鹤盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆科情印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:19 字数:474 千

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—4 000

ISBN 7-5624-3658-4 定价:25.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

2004年6月在南京召开的全国职业教育工作会议上,教育部部长周济宣布:“我国高等职业教育基本学制将逐步由三年制过渡为两年制为主”。这一政策导向引起了高等职业院校各有关人士的强烈反响。学制由三年制向两年制的过渡,意味着课程的教学时数将大幅度减少,怎样在有限的教学时数内,既让学生掌握教学的基本内容,又能加强学生的工程意识,适应社会需要。这是很多高等职业教育工作者所共同关心的问题。本书是在此种形势下,进行探索和尝试而编写的。其主要特点如下:

1. 本书将工程力学、机构及机械零件等方面的内容有机结合,融为一体,可达到省时、高效的教学效果。

2. 本书从培养学生的应用能力出发,在内容的取舍上,遵照少而精的原则,既保证基础知识内容,又注重知识的实用性,使教材内容有利于提高学生分析问题和解决问题的能力。如在常用机构与机械零件中,加强了对机构、机械零件的定性分析和结构设计,淡化了机械零件的参数设计。

3. 在内容的编排上,力图便于与先修知识的衔接和组织教学。如在常用机构与机械零件中,将力学知识渗透到各个机构,这样既加强了本书的系统性,又能培养学生的力学素养。

4. 为便于教学,本书所必需的资料、表格均在正文中列出;书中带“*”号的部分和用小字排印的部分为选学或延伸性内容,可根据专业要求和学时情况酌情取舍,或供学有余力的学生自学。

5. 为了培养学生的工程意识,本书在相关章节后面提供了一些“阅读材料”,这些阅读材料都来自实际,可引导学生接触实际问题,扩大眼界,启迪思维。

参加本书编写的有万军(第1,2,7,12章)、朱品武(第3,4,5,6章)、吕青(第10,13章)、汪晓云(第14,17章)、易荣英(第8,9,11,15,16章)。本书由易荣英担任主编,朱品武担任副主编,陈庭吉老师任主审。

由于编写工作量大,时间仓促,且受编者水平和经验所限,教材中不妥之处在所难免,殷切希望广大同仁和读者提出批评和改进意见。

编者

2006年3月

目 录

第 1 篇 静 力 学

第 1 章 静力学基础	2
1.1 静力学的基本概念	2
1.2 静力学公理	3
1.3 约束与约束反力	6
1.4 受力分析与受力图	9
1.5 平面汇交力系	12
1.6 力矩	16
1.7 力偶与力偶系	18
习题 1	21
第 2 章 平面任意力系与空间力系	28
2.1 平面任意力系的简化	28
2.2 平面任意力系平衡方程的应用	32
2.3 空间力系简介	40
2.4 物体的重心与形心	45
2.5 机械工程中的摩擦与自锁	48
习题 2	53

第 2 篇 构件的承载能力

第 3 章 材料力学的基本概念与基本原理	58
3.1 材料力学的任务与研究对象	58
3.2 材料力学的基本假设与基本变形	60
3.3 外力与内力	62
3.4 应力、应变与虎克定律	63
习题 3	65
第 4 章 轴向载荷作用下杆件的材料力学问题	66
4.1 轴向拉伸或压缩时的轴力与轴力图	66

4.2	拉压杆的应力	68
4.3	拉压杆的强度问题	71
4.4	轴向拉压变形	73
4.5	工程中常用材料在轴向载荷作用下的力学性能 ...	75
4.6	联接件的强度设计	81
	习题 4	84
第 5 章	扭转	87
5.1	扭力矩、扭矩与扭矩图.....	87
5.2	圆轴扭转时横截面上的切应力	90
5.3	圆轴扭转的强度设计	92
5.4	圆轴扭转变形与刚度计算	95
	习题 5	96
第 6 章	梁的弯曲	99
6.1	引言	99
6.2	平面弯曲梁的内力、内力方程与内力图	100
6.3	平面弯曲时梁横截面上的正应力.....	107
6.4	平面弯曲梁的正应力强度设计.....	112
6.5	梁的合理强度设计.....	114
6.6	弯曲变形.....	117
6.7	组合变形的强度设计.....	119
	习题 6	123
第 7 章	构件承载能力的其他问题	128
7.1	疲劳强度.....	128
7.2	压杆稳定.....	132
	习题 7	133

第 3 篇 机构及机械零件

第 8 章	平面机构的结构分析	136
8.1	机构及其组成.....	136
8.2	运动副及其分类.....	137
8.3	平面机构运动简图.....	138
8.4	平面机构自由度的计算.....	140
	习题 8	144
第 9 章	平面连杆机构	146
9.1	概述	146
9.2	铰链四杆机构的基本形式及其应用	146
9.3	铰链四杆机构的基本特性.....	149
9.4	图解法设计四杆机构.....	152
	习题 9	156

第 10 章 凸轮机构和其他常用机构	158
10.1 凸轮机构概述	158
10.2 从动件的常用运动规律	161
10.3 盘形凸轮轮廓曲线的设计	164
10.4 凸轮机构基本尺寸的确定	167
10.5 其他常用机构简介	169
习题 10	172
第 11 章 齿轮传动	173
11.1 齿轮传动的特点和分类	173
11.2 渐开线的形成及其性质	175
11.3 渐开线齿廓啮合的几个重要性质	176
11.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	178
11.5 一对渐开线直齿圆柱齿轮的啮合	181
11.6 渐开线直齿圆柱齿轮的加工	183
11.7 标准直齿圆柱齿轮传动的受力分析	185
11.8 斜齿圆柱齿轮传动	187
11.9 齿轮轮齿的失效形式和设计准则	191
* 11.10 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	194
11.11 蜗杆传动	196
习题 11	201
第 12 章 轮系及其应用	203
12.1 轮系的分类	203
12.2 定轴轮系传动比的计算	205
12.3 动轴轮系传动比的计算	208
12.4 轮系的应用	210
习题 12	212
第 13 章 带传动和链传动	215
13.1 带传动的类型和特点	215
13.2 带传动的基本理论	217
13.3 带传动的结构及其维护	221
13.4 链传动	225
习题 13	226
第 14 章 联接	227
14.1 螺纹	227
14.2 螺纹联接的基本类型	230
14.3 螺栓联接设计应注意的问题	231
14.4 键联接	236

14.5 花键联接、销联接与成形联接.....	240
习题 14	242
第 15 章 轴	244
15.1 概述	244
15.2 轴的设计	246
习题 15	257
第 16 章 滚动轴承	259
16.1 滚动轴承的类型、代号和选择.....	259
16.2 深沟球轴承的寿命计算	265
16.3 滚动轴承的组合设计	269
16.4 滑动轴承	273
习题 16	278
第 17 章 联轴器及离合器	280
17.1 联轴器	280
17.2 离合器	284
习题 17	286
附录	288
附录 A 常见截面的几何性质	288
附录 B 梁的挠度与转角表	290
附录 C 型钢表	292
参考文献	295

第 1 篇

静力学

静力学是研究物体在力系作用下平衡规律的科学。

力系是指作用于同一物体(或同一物体系统)上的一群力。

在一般工程中,平衡是指物体相对于地球保持静止或做匀速直线运动。例如,机床的床身、在直线轨道上匀速运动的火车等都是物体平衡的实例。

静力学研究的物体都是处于平衡状态的刚体。

刚体是静力学中所采用的一种理想模型。所谓刚体,就是指在力的作用下,大小和形状不变的物体。事实上,任何物体在力的作用下,或多或少总要产生变形。在正常情况下,工程上的机械零件和结构构件在力的作用下发生的变形相对于他们的原始尺寸是很微小的,这种微小的变形对研究力的外效应(即运动效应)影响很小,可忽略不计。这样物体就可以看成是刚体,从而使问题的研究得到简化。静力学中所研究的物体只限于刚体,故称为刚体静力学,它是研究变形体力学的基础。

本篇着重研究以下 3 个问题:

1) 物体的受力分析 分析某个物体或物体系统共受几个力,以及每个力的作用位置和方向。

2) 力系的等效与简化 对物体作用效果相同的两个力系,互称为等效力系。如果一个力与一个力系等效,那么这个力称为该力系的合力,而该力系的各力称为这个合力的分力。将一个复杂的力系用一个简单的等效力系来代替的过程,称为力系的简化或力系的合成。通过力系的简化可使我们研究的复杂力学问题得到简化。

3) 力系的平衡条件 作用于物体上的力系使该物体平衡,则此力系称为平衡力系;刚体平衡时,作用在刚体上的力应当满足的必要和充分条件,称为平衡条件。静力学的基本任务就是研究物体在力系作用下的平衡条件。

第 1 章

静力学基础

1.1 静力学的基本概念

1.1.1 力的概念

力是物体间的相互机械作用。这种作用有两种效应：一种是使物体的运动状态发生变化，称为力的外效应（即运动效应）；另一种是使物体产生变形，如使梁弯曲、使弹簧伸长，这种效应称为力的内效应（即变形效应）。静力学主要研究力的外效应，力的外效应又包括移动效应和转动效应。

力对物体的作用效应取决于力的大小、力的方向及力的作用点，通常称为力的三要素。在三要素中有任何一个改变时，力的作用效果就会改变。

力的大小表示物体间相互机械作用的强弱，它可通过力的外效应或内效应的大小来度量。在我国的法定计量单位中，力的单位是牛(N)或千牛(kN)， $1\text{ kN}=10^3\text{ N}$ 。

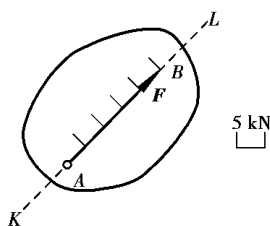


图 1.1

力是矢量，可以用一个带箭头的线段来表示力的三要素，线段的长度按一定比例表示力的大小，线段的方位和箭头的指向表示力的方向，线段的起点或终点表示力的作用点，如图 1.1 所示用有向线段 \overrightarrow{AB} 表示该力。过力的作用点，沿力矢量的方位画出的直线，称为力的作用线。图 1.1 中直线 KL 为力 F 的作用线。

本书中力的矢量以黑体字母表示，如图 1.1 所示的力 \mathbf{F} ，而以相应的普通字母 F 表示力 F 的大小，即 $F = |\mathbf{F}|$ 。

1.1.2 集中力与分布力

前面说到力的作用点，其实力总是作用在一定的面积或体积内的。当作用面积或体积较大时，称为分布力（又称为分布载荷）；当力的作用范围与物体相比较小时，就可近似地看做一个点，该点为力的作用点，这样的力称为集中力。

分布力可按作用范围进行分类：分布在一定体积内的力，如重力，称为体分布力；分布在一

定面积上的力,如水坝上的水压力等,称为面分布力;分布在一定长度上的力称为线分布力(又称为线分布载荷)。本书中常用的线分布载荷的大小用线载荷集度 q 表示,某点的载荷集度 q 是指该点单位长度上受力的大小,它表示该点所承载荷的强弱程度,其单位为 N/m 或 kN/m 。当 $q = \text{常数}$ 时,表示各点的载荷大小都相等,称为均布载荷;当 $q \neq \text{常数}$ 时,表示各点的载荷不相等,称为非均布载荷。

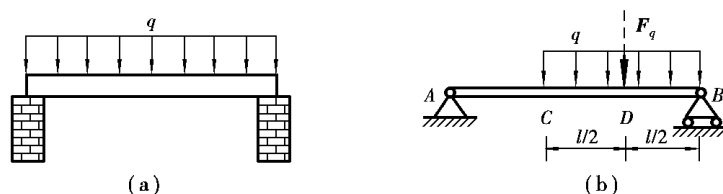


图 1.2

如图 1.2(a) 所示梁的自重可看做是沿轴线分布的均布载荷。如图 1.2(b) 所示在梁的 CB 段上作用有载荷集度为 q 均布载荷,可以证明,其合力的大小等于载荷集度 q 与其分布长度 l 的乘积,即 $F_q = ql$,合力的作用线过分布长度的中点,方向与均布载荷相同。

1.1.3 力系的分类

为了便于研究力系的简化和平衡条件,通常将力系按其各力作用线的分布情况进行分类:各力的作用线都处于同一平面上的力系,称为平面力系;各力的作用线不共面,则为空间力系。在这两类力系中,各力的作用线相交于一点的力系,称为汇交力系;各力的作用线互相平行的力系,称为平行力系;各力的作用线既不全交于一点,也不全平行的力系,称为一般力系或任意力系。

1.2 静力学公理

公理是由人类长期实践所证明了的正确结论及客观规律。静力学有 5 个公理,概括了力的基本性质,它是建立静力学全部理论的基础。

公理 1(二力平衡公理) 欲使受两个力作用的刚体处于平衡,其充分和必要条件是:这两个力大小相等,方向相反,且作用在同一条直线上(简称等值、反向、共线,见图 1.3)。

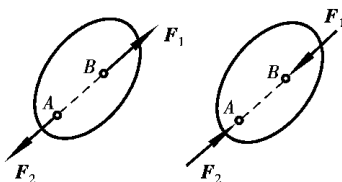


图 1.3

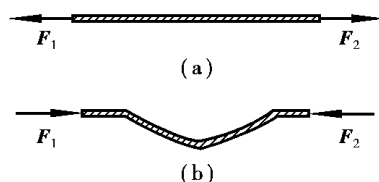


图 1.4

这一性质给出了刚体在最简单力系作用下的平衡条件。需要指出的是,这一条件对于变形体而言,只是平衡的必要条件,而不是充分条件,如图 1.4(b) 所示,它就不处于平衡状态。

在工程中,常遇到不计自重、只在两点受力而处于平衡状态的构件,这种构件称为二力构

件或二力杆。二力杆所受的两力必沿两作用点的连线。据此可很方便地判定结构中某些直杆或弯杆的受力方向。

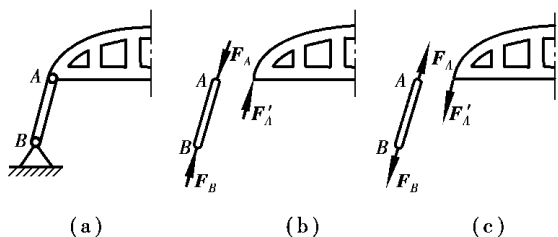


图 1.5 二力构件

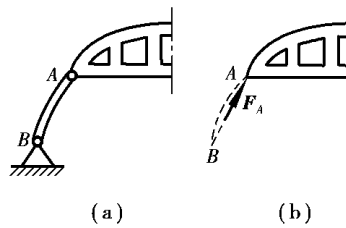


图 1.6 曲杆为二力构件

如图 1.5(a)所示的直杆 AB 和图 1.6 所示的曲杆 AB, 都只在二铰点有力的作用, 且重力可忽略不计, 均可看成是二力杆。

注意: 在本书后面的内容中, 凡不给出、标明重力, 或者说“轻质”, 则一律是不计重力。另外, 摩擦力不说明时, 或者说“光滑”时, 也都可忽略不计。

公理 2(加减平衡力系原理) 在作用于刚体的已知力系中加上或减去任意的平衡力系, 并不改变力系对刚体的作用。这是因为平衡力系对刚体的运动状态没有任何影响。

这个公理是研究力系简化的重要理论依据。但必须注意, 此公理只适用于刚体而不适用于变形体。

由上述两个公理可以导出以下重要推论:

推论 1(力在刚体上的可传性, 简称力的可传性) 作用在刚体上某点的力, 可以沿着它的作用线移到刚体内任意一点, 并不改变该力对刚体的作用。

如图 1.7(a)所示的刚体, 在 A 点受力 F 作用, 若在力 F 的作用线上任一点 B 加上两个相互平衡的力 F_1 和 F_2 , 且使 $F_2 = -F_1 = F$ (见图 1.7(b)), 由公理 2 知, 力系 (F, F_1, F_2) 与原力 F 等效。根据公理 1 可知力 F 与 F_1 也可构成一平衡力系, 再由公理 2 将这两个力去掉后, 于是仅余下作用于 B 点的力 F_2 (见图 1.7(c))。由这一等效变换过程可知, 作用于 B 点的力 F_2 与作用于 A 点的力 F 等效, 由于 B 点是任取的, 故推论得证。

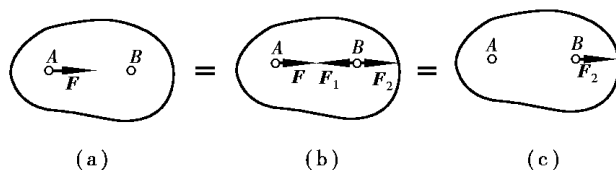


图 1.7 力的可传性

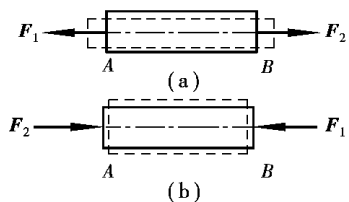


图 1.8 变形体不適用力的可传性

应当指出, 在研究力对物体的变形效应时, 力是不能沿作用线移动的, 例如, 如图 1.8(a)所示的可变形直杆, 沿杆的轴线在两端施加大小相等、方向相反的一对力 F_1 和 F_2 时, 杆将产生拉伸变形。如果将力 F_1 沿其作用线移至 B 点, 同时将力 F_2 沿其作用线移至 A 点(见图 1.8(b)), 杆将产生压缩变形。因此, 力的可传性对变形体不成立。

公理 3(力的平行四边形法则) 作用在物体上同一点

的两个力,可以合成为一个合力。合力的作用点仍为该点,其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来确定(见图 1.9)。

如图 1.9(a)所示,即合力 R 等于两分力 F_1 与 F_2 的矢量和,其矢量表达式为

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1.1)$$

显然,利用平行四边形法则求合力,对于变形体来说,二力要有共同的作用点;对于刚体来说,二力作用线只要相交就可以合成。因此,公理 3 不仅适用于刚体,也适用于变形体。

实际上,如图 1.9(b)所示先从 O 点作一个与 F_1 大小相等、方向相同的矢线 OA ,再过 A 点作一个与 F_2 大小相等、方向相同的矢线 AB ,则矢线 OB 就代表了合力 R 的大小和方向。这种求合力的方法称为力的三角形法则。必须清楚,在力 $\triangle OAB$ 中,各矢线只表示力的大小和方向,而不能表示力的作用点或作用线。

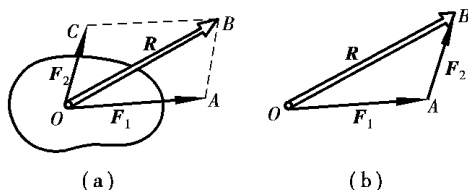


图 1.9 力的平行四边形法则
(a)力的平行四边形 (b)力三角形

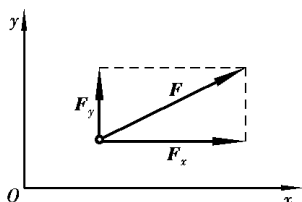


图 1.10

力的平行四边形法则是力系简化的基础。它表明作用于物体上同一点的两个力可以合成为一个合力;反之,一个力也可分解为同一平面内的两个分力,当分解的方向变化时,分力的结果也会相应变化。在工程实际中,常把一个力 F 沿直角坐标轴方向分解,从而得到两个相互垂直的分力 F_x 和 F_y ,称为力的正交分解(见图 1.10),分力的大小为

$$\left. \begin{aligned} F_x &= F \cos \alpha \\ F_y &= F \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

式中 α ——力 F 与 x 轴之间的夹角。

应用上述几条静力学的基本公理和法则,可得以下的推论:

推论 2(三力平衡汇交定理) 刚体受不平行的 3 个力作用而平衡时,这 3 个力的作用线必汇交于一点。

下面来证明这一推论。

现有不平行的 3 个力 F_1, F_2, F_3 作用于刚体上(见图 1.11(a))而刚体平衡。因为 F_1 和 F_2 的作用线必相交于某点 O ,将 F_1 和 F_2 分别沿作用线移到 O 点,求出它们的合力 R (见图 1.11(b))。 R 应与 F_3 相平衡,根据二力平衡条件 R 与 F_3 必须共线,即 F_3 的作用线必通过 O 点。这就证明了三力平衡汇交定理。它是不平行三力平衡的必要条件,而非充分条件。当刚体受不平行三力而处于平衡时,利用这个定理可确定未知力的方向。

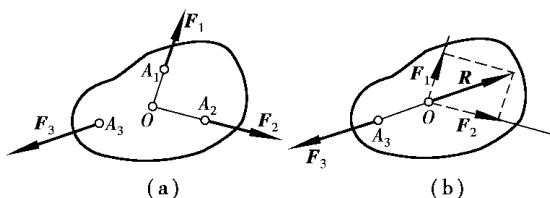


图 1.11 3 个不平行力平衡则汇交

公理 4(作用与反作用定律) 当甲物体给乙物体一作用力时,甲物体必同时受到乙物体同性质的反作用力,且作用力与反作用力大小相等,方向相反,沿着同一直线。

这一性质说明:力总是成对出现的,有作用力,必定有反作用力;二者总是同时存在,同时消失。在分析物体受力时,必须明确施力物体与受力物体,这里有力作用的物质性与相互性。

一般,习惯上将作用力与反作用力用同一字母表示,其中一个加“'”以示区别。

注意:不要把这一性质与二力平衡条件相混淆。

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抽象为刚体模型的条件,扩大了刚体静力学的应用范围。

1.3 约束与约束反力

1.3.1 约束与约束反力

在力学中,通常把物体分为两类:一类称为自由体,它们在空间的位移不受任何物体的接触式限制。例如,在空中飞行的飞机、炮弹和火箭等。另一类称为非自由体,它们在空间的位移受到一定的限制。例如,悬挂在屋顶的电灯受到绳子的限制不能下落;门、窗只能绕合页轴转动;如图 1.12 所示的曲柄冲压机冲头受到滑道的限制只能沿铅垂方向平动,飞轮受到轴承的限制只能绕轴转动等。工程实际中的结构件或机械零件都是非自由体。对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体称为约束。如上述的例子中绳子是电灯的约束;合页是门、窗的约束;滑道是冲头的约束;轴承是飞轮和轴的约束等。

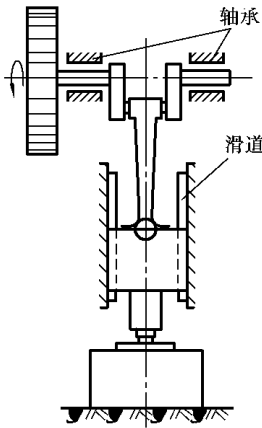


图 1.12 曲柄冲压机

既然约束阻碍着物体的运动,那么当物体沿着约束所能限制的方向运动或有运动趋势时,约束对该物体必然有力的作用,以阻碍该物体的运动,这种力称为约束反力(简称反力)。因此,约束反力的方向总是与该约束所能阻碍的运动方向相反,这是确定约束反力方向的准则。

物体所受的力,除约束反力外,还有如重力、流体压力、风力和电磁力等,它们可用静力学以外的方法进行计算或加以测定,一般是给定的,它不决定于其他力,称为主动力。而约束反力是由主动力所引起,它决定于主动力,是“被动力”。静力分析的重要任务之一就是确定未知的约束反力。

1.3.2 工程中常见的约束类型

(1) 柔性约束(简称柔索)

柔性约束是由绳索、皮带及链条等柔性物体构成。

柔索的特点是柔软易变形,不能抵抗弯曲和压力。柔索只能限制物体沿伸长方向的位移,所以它给物体的约束反力只能是拉力。因此,柔索对物体的约束反力,作用在接触点,方向沿着柔索

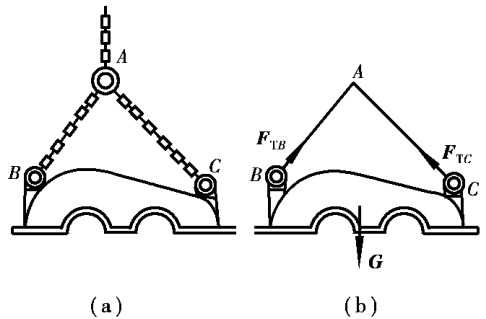


图 1.13 柔性约束

背离物体。柔索的约束反力常用 F_T 表示。

如图 1.13(a) 表示用链条悬挂一减速器箱盖, 根据柔性约束的特点, 可知链条对箱盖的约束力是沿链条的拉力 F_{TB} 和 F_{TC} , 如图 1.13(b) 所示。同理, 在机械传动中, 传动带作用于带轮的力都是沿传动带中心线方向的拉力, 如图 1.14 所示。

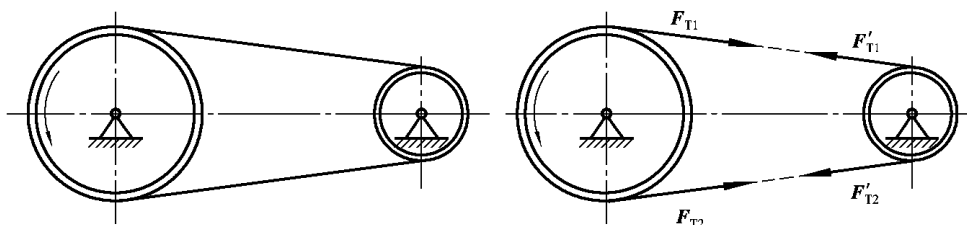


图 1.14 柔性约束

(2) 光滑面约束

光滑接触面约束可忽略摩擦, 将接触表面视为理想光滑的约束。这样的接触面不论是平面或曲面, 都不能限制物体沿接触面的公切线方向运动或离开接触面, 而只能阻止物体沿着接触面公法线趋向接触面的运动。因此, 光滑接触面对物体的约束反力通过接触点, 方向沿两接触表面的公法线方向, 并指向受力物体, 通常用 F_N 表示。例如, 如图 1.15(a) 所示, 光滑固定曲面给圆柱的约束力为 F ; 如图 1.15(b) 所示, AD 杆倚靠在固定挡块上, 挡块给杆的约束力为 F_B ; 如图 1.15(c) 所示, 板搁在固定槽内, 板与槽在 A, B, C 3 点接触, 如果接触处均是光滑的, 它们的约束力分别为 F_A, F_B, F_C 。

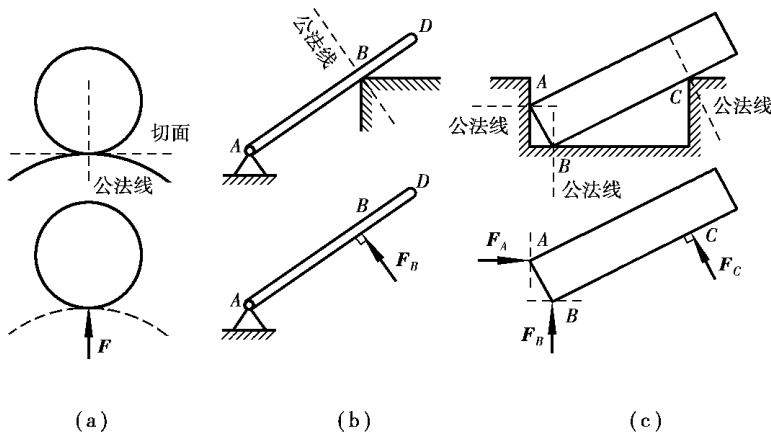


图 1.15 光滑面约束

(3) 光滑圆柱形铰链

圆柱形铰链也称为铰链, 它是用一圆柱形销钉将两个或更多的构件联接在一起, 即在这些构件的联接处各加工出一直径相同的圆孔, 用销钉穿起来。如图 1.16 所示的曲柄连杆机构是由曲柄、连杆、活塞与不动的机架组成, 其中, 曲柄 OA 与机架在 O 处的联接、

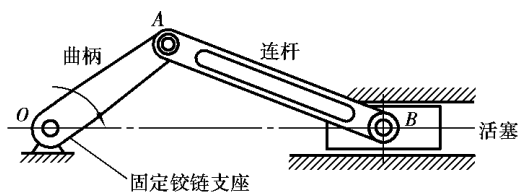


图 1.16

曲柄 OA 和连杆在 A 处的联接、连杆 AB 和活塞在 B 处的联接均为铰链联接。如图 1.17 所示为铰链 A 的结构图。

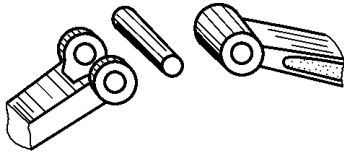


图 1.17 铰链约束的结构

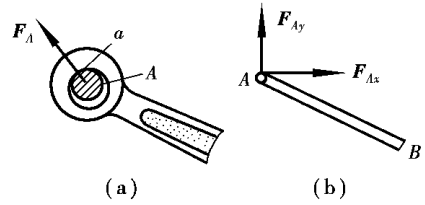


图 1.18 铰链约束的约束反力

若相互接触的两圆柱面是光滑的,则在垂直于销钉轴线的平面内,被联接构件只能绕销钉的轴线转动而不能任意移动。当被联接构件受有一定的载荷时,其上的销孔壁便紧压于销钉的某处,于是销钉便通过接触点给予构件一个反作用力 F_A 。根据光滑接触面约束的特点可知,这个约束反力应沿着圆柱面接触点的公法线,通过销钉中心 A (见图 1.18(a))。但接触点 a 的位置与被约束构件的受力情况和运动情况有关,不能预先确定。因此,约束反力 F_A 的方向也不能预先确定,通常用通过铰链中心 A 的两个互相垂直的分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 来表示,如图 1.18(b)所示。实际上,这是用两个方向给定而大小未知的分力来等效代替一个大小与方向都未知的力。

根据铰链联接件的运动情况不同,铰链联接可分为以下两种类型:

①如果铰链联接中有一个构件是地面或固定的机架,便构成固定铰链支座,简称固定铰支,如图 1.19(a)、(b)、(c)所示。这种支座的简图及约束反力表示法分别如图 1.19(d)、(e)所示。如图 1.16 所示曲柄 OA 与机架在 O 处的联接,即为固定铰链支座。

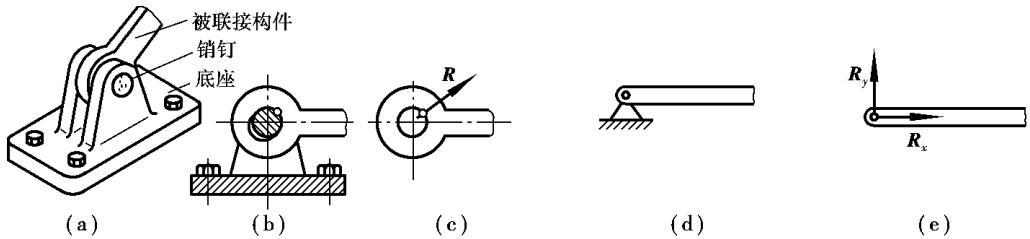


图 1.19 固定铰链约束

②如果两联接件均是活动的,则称为中间铰,如图 1.16 所示曲柄 OA 和连杆在 A 处的铰链联接、连杆 AB 和活塞在 B 处的铰链联接均为中间铰。

(4) 辊轴支座

如果固定铰链支座中的底座不用螺钉而改用辊轴与支承面接触(见图 1.20(a)),便形成了活动铰链支座。这种支座常在桥梁、屋架等结构中采用,以保证温度变化时结构可做微小的伸缩。活动铰链支座常用图 1.20(b)来表示。实际上,这种约束是铰链支座与辊轴光滑面的复合约束。复合的结果是:其约束性质与光滑面约束相同,其约束反力必垂直于支承面,通过铰链中心并指向物体,通常用 F_N 表示,如图 1.20(c)所示。

有时,固定支承是上下两个平行面,支承面上有两组滚轮,铰支座可沿任一支承面滚动(见图 1.20(d)),这时约束反力的作用线同样垂直于支承面,只是指向要由支座与此支承面接触来确定。

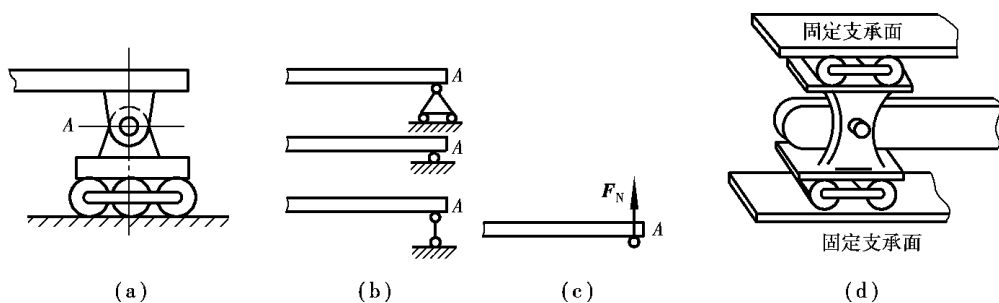


图 1.20 辊轴支座

(5) 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 1.21(a)、(b)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 1.21(c)所示。

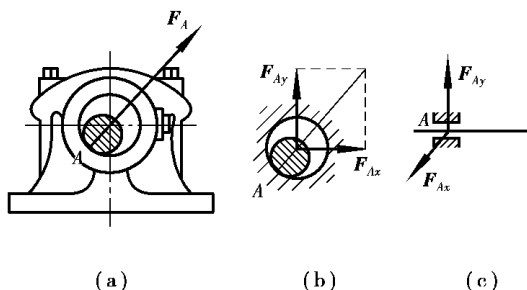


图 1.21 向心轴承

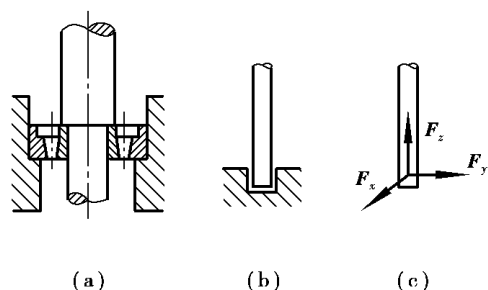


图 1.22 止推轴承

止推轴承与向心轴承不同,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,它比向心轴承多一个沿轴向的约束反力,即约束反力有 3 个正交分力 F_x , F_y , F_z 。止推轴承的简图及其约束反力如图 1.22 所示。

1.4 受力分析与受力图

1.4.1 分离体与受力图

在工程实际中,为了求出未知的约束反力,首先根据已知条件和待求量从有关物体中选择某一物体作为研究对象,并分析研究对象的受力情况,即进行受力分析。为了清晰地表示研究对象的受力情况,可设想把研究对象从物系中分离出来,并将它的约束全部解除,在解除约束处代之以相应的约束反力。解除约束后的物体称为分离体;在分离体上画上全部的主动力和约束反力的简图称为受力图。

画受力图是进行力学计算的依据,因而是力学基本功,读者应熟练掌握其方法。

画受力图的基本步骤如下:

① 确定研究对象,并单独画出其分离体图。