



高等学校“十二五”重点规划教材
机械工程系列丛书

机械基础

主编 关尚军 吕相艳 杨 克



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

高等学校“十二五”重点规划教材
机 械 工 程 系 列 丛 书

机 械 基 础

主 编	关尚军	吕相艳	杨 克
副主编	张占国	王向东	王开宝

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书围绕机械取材,将工科机械类多门主干课程的基本内容统筹安排、有机贯通融合,共2编15章。第1编工程力学,内容包括:静力学公理和物体的受力分析,平面汇交力系与平面力偶系,平面任意力系,拉伸与压缩,剪切和挤压、扭转、弯曲。第2编常用机构及通用零件,内容包括:平面机构运动简图,平面连杆机构,凸轮机构,螺纹连接等常用连接,带传动和链传动,齿轮传动,蜗杆传动,机械零件设计概论(包括常用金属材料和热处理基础),轴承,轴。

本书可作为工科高等院校电气类以及近机类、非机类各专业的教材,也可供电大、函大、高等工程专科相应专业教学使用,以及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/关尚军,吕相艳,杨克主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2012.7
ISBN 978-7-5661-0398-7

I. ①机… II. ①关… ②吕… ③杨… III. ①机械学 -
高等学校 - 教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 160114 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 17.75
字 数 425 千字
版 次 2012 年 7 月第 1 次版
印 次 2012 年 7 月第 1 次印刷
定 价 35.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

本教材内容涵盖了机械基础课程的基本要求,共两编 15 章。第 1 编工程力学,内容包括:静力学公理和物体的受力分析,平面汇交力系与平面力偶系,平面任意力系,拉伸与压缩,剪切和挤压、扭转、弯曲。第 2 编常用机构及通用零件,内容包括:平面机构运动简图,平面连杆机构,凸轮机构,螺纹连接等常用连接,带传动和链传动,齿轮传动,蜗杆传动,机械零件设计概论(包括常用金属材料和热处理基础),轴承,轴。

本教材与同类教材相比,体系有所变动,注重理论的简化分析和应用,适当增加了思考题和综合题的数量,以培养学生综合运用知识的能力。本教材可作为工科高等院校电气类以及近机类、非机类各专业的教材,也可供电大、函大、高等工程专科相应专业的师生教学使用,以及有关工程技术人员参考。

本教材采用我国法定计量单位和新颁布的国家标准。

本教材由关尚军、吕相艳、杨克任主编。参加编写的人员有:关尚军(第 1,2,7,13 章),吕相艳(绪论、第 3,6,9,15 章),杨克(第 4 章、附录),王向东(第 5,8 章),张占国(第 10,11 章),王开宝(第 12,14 章)。全书由关尚军与吕相艳统稿。

本书由北华大学机械工程学院张占国副教授和王向东副教授主审。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥和错误之处,衷心欢迎读者批评指正。

编 者

2011 年 12 月

目 录

主要符号	1
绪论	3

第1编 工程力学

第1章 静力学公理和物体的受力分析	5
1.1 静力学公理	5
1.2 约束和约束力	7
1.3 物体的受力分析和受力图	10
复习思考题	13
第2章 平面汇交力系与平面力偶系	16
2.1 平面汇交力系的合成与平衡	16
2.2 平面力对点之矩的概念及计算	20
2.3 平面力偶系	22
复习思考题	24
第3章 平面任意力系	28
3.1 平面任意力系的简化	28
3.2 平面任意力系的平衡条件和平衡方程	31
复习思考题	38
第4章 拉伸与压缩	43
4.1 拉(压)杆内力与应力	43
4.2 材料的力学性能	47
4.3 应力集中的概念	53
4.4 许用应力与强度条件	54
4.5 拉(压)杆件的变形	56
复习思考题	58
第5章 剪切和挤压	61
5.1 剪切与剪切强度条件	61
5.2 挤压与挤压强度条件	63
复习思考题	66
第6章 扭转	68
6.1 扭转的概念	68
6.2 外力偶矩和扭矩	69
6.3 圆轴扭转时的应力及强度条件	72
6.4 圆轴扭转变形与刚度条件	76

复习思考题	78
第7章 弯曲	81
7.1 弯曲的概念	81
7.2 梁横截面上的内力	82
7.3 弯曲应力与强度	86
7.4 弯曲变形与弯曲刚度	93
7.5 提高梁的承载能力的措施	97
7.6 弯扭组合的强度计算	100
复习思考题	103

第2编 常用机构及通用零件

第8章 平面机构及运动简图	109
8.1 机构及其组成	109
8.2 运动副及其分类	110
8.3 平面机构的运动简图	112
复习思考题	114
第9章 平面连杆机构	115
9.1 概述	115
9.2 铰链四杆机构	116
9.3 其他平面连杆机构	120
复习思考题	124
第10章 凸轮机构和其他常用机构	125
10.1 凸轮机构的应用和分类	125
10.2 其他常用机构	127
复习思考题	130
第11章 机械零件设计概论	131
11.1 机械零件设计的基本要求和一般步骤	131
11.2 机械零件的常用材料	132
11.3 钢的热处理	134
11.4 选择材料的基本原则	136
11.5 机械零件的结构工艺性	136
复习思考题	139
第12章 螺纹连接和螺旋传动	140
12.1 螺纹连接	140
12.2 螺旋传动	148
复习思考题	149
第13章 机械传动	150
13.1 带传动	150
13.2 链传动	161

13.3	齿轮传动	169
13.4	蜗杆传动	181
13.5	轮系	189
	复习思考题	195
第 14 章	轴及其连接	198
14.1	轴的分类、材料和结构	198
14.2	轴的结构设计	202
14.3	键与花键连接	211
14.4	联轴器和离合器	217
	复习思考题	223
第 15 章	轴承	226
15.1	概述	226
15.2	滑动轴承	226
15.3	滚动轴承	233
	复习思考题(部分)	248
附录 A	平面图形的几何性质	250
附录 B	常用材料的力学性能	255
附录 C	常见截面的几何性质	256
附录 D	梁的挠度和转角	258
附录 E	型钢表	260
	复习思考题答案(部分)	270
	参考文献	274

主 要 符 号

A	面积
a	间距
b	宽度
D, d	直径
E	弹性模量(杨氏模量)
F	力
F_{Ax}, F_{Ay}	A 处铰支座反力
F_N	轴力
F_{cr}	临界载荷
F_s	剪力, 静摩擦力
F_R	合力、主矢
F_x, F_y, F_z	力在 x, y, z 方向的分量
α	倾角、角加速度
G	切变模量
g	重力加速度
h	高度
I	惯性矩
I_p	极惯性矩
k	弹簧刚度系数
l, L	长度、跨度
m	质量
M	弯矩
T	扭矩
n	转速
q	分布载荷集度
R, r	半径
M_e	外加力偶矩
W_z	抗弯截面系数
W_p	抗扭截面系数
φ	单位长度扭转角
γ	切应变
ε	线应变
μ	长度系数
ν	泊松比
ρ	密度, 曲率半径

σ	正应力
σ_b	强度极限
F_{bs}	挤压力
σ_{bs}	挤压应力
$[\sigma]$	许用应力
σ_{cr}	临界应力
σ_e	弹性极限
σ_p	比例极限
σ_s	屈服应力
τ	切应力
$[\tau]$	许用切应力
w	挠度

说明:在实施国家标准(GB3100~3102—93)《量和单位》的过程中,为保证国家标准和现有惯例的衔接,本书作了认真的考虑。

1. 国家标准规范的物理量的名称和符号,按国家标准使用,注重量的物理属性。如各种力,包括载荷、反力和内力,都用 F 作为主符号,而将其特性以下标(或上标)表示,等等。

2. 对于量的数学运算,为使书写简单和习惯保持一致,在不致引起混淆的情况下,采用如下处理方法:运算的中间步骤,在所有量的单位均采用基本单位表示的情况下,省略单位符号,而只在运算的最后结果标明量的单位。

绪 论

用机械进行生产是现代生产的主要方式。在机械制造以外的其他工业部门,如电力、电子、采矿、冶金、石油、化工、土建、轻纺和食品工业等部门中,非机械专业的工程技术人员和管理人员也要经常接触机械设备,并要处理许多与机械的设计、制造、安装、使用、维护和革新有关的问题。机械方面的知识,对于他们来说是必不可少的。在中小型企业中,由于技术分工不可能很细,这种需要尤为突出。

由于专业要求不同和学时有限,在非机械类专业的教学中,不可能设置有关机械方面的一系列课程。因此,提供有关机械方面的最必要的基础理论和基本知识,培养学生对机械的分析能力和进行简单设计计算的初步能力的任务,就由本课程完成。

对机械的研究是以力学理论为基础的,常用机构和通用零件则是本课程的主要研究对象。本书内容分为以下两编。

第一编工程力学——主要介绍物体的受力分析、力系的简化和物体的平衡条件,以及物体在外力作用下的变形、受力和破坏的规律,强度(抵抗破坏的能力)和刚度(抵抗变形的能力)的计算方法。本编内容是本书后继部分的理论基础。

第二编常用机构及通用零件——主要阐述一般机械中常用机构的工作原理、运动特点的设计方法,以及通用机械零件的工作原理、类型、特点、材料和设计计算方法,并简单介绍机器动力学的有关知识。本编是全书的主体。

本书旨在对机械方面的一般知识作一较系统的介绍,并不要求读者通过本书能具备进行复杂设计计算的能力。但是,本书在内容和作业编排上又具有一定的深、广度,以使读者掌握必要的基本理论、基本知识和基本方法。

研究机械的目的可以归纳为解决两类问题:一是分析已有的机械,二是设计新的机械。以力学理论为基础的理论分析计算方法,是解决这些问题的一个主要方法。由于实际问题很复杂,影响因素很多,作理论分析时必须抓住主要因素,暂时撇开次要因素,进行逻辑推理和数学运算,求得问题的解答。这实际上是一种近似的简单计算方法,其结果近似地反映了客观实际。为使计算结果与实际尽可能相符,以便于实际应用,工程中常用一些系数来反映次要因素的影响,如用动荷系数反映加速度的影响等。

理论分析计算并非研究机械的唯一方法。根据实际经验,在参考同类机械或零件的基础上进行分析和设计的经验方法(参照或对比法),是研究机械的另一个重要的方法。这种方法以大量的实践经验和统计结果为依据,实用价值很高,常用于设计次要的机械或零件,或用于确定零件的次要尺寸。进行理论分析计算时,还用它来拟定初步方案和选择某些数据,即进行所谓“初选”,以补充给定条件的不足。此外,对于某些重要的机械,还采用实验或模型实验的方法进行研究,以检验和修正理论分析的结果,或直接解决某些实际问题。实验还为建立力学理论提供基础,并验证其正确性。故学习本课程时,应当理论、经验与实践三者并重。

“机械基础”是非机械专业的一门技术基础课程,其先修课程是“普通物理”和“工程制图”。学习本课程前,学生还应对金属加工工艺掌握一定的实际知识。

第1编 工程力学

工程力学为机械工程中的设计计算提供理论基础。它分成两大部分:理论力学和材料力学。前者包括静力学、运动学和动力学;后者讨论构件的强度、刚度和稳定性。

静力学研究刚体的平衡问题。刚体是指受力时不变形的物体。实际上刚体并不存在,但如果物体的尺寸和运动范围都远大于其变形量,可以不考虑变形的影响,将它视为刚体。平衡是指物体相对地面保持静止或作匀速直线运动。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。依据平衡条件所进行的静力计算,在实用上既适用于静止的结构物,也适用于加速度不大的低速机械。加速度较大时,可以用经验数据修正静力计算的结果。本编的理论力学部分只研究静力学的平面问题(第1~3章)。

本编的材料力学部分主要讨论基础内容(第4~7章)。在材料力学中研究物体的变形时,不能再将物体看成刚体,而应如实地将它视为可变形体。由于制造零件所用的材料种类很多,其具体组成和微观结构又非常复杂,为便于研究,需要根据工程材料的主要性质,对所研究的变形固体作如下假设:

(1) 变形固体是连续、均匀的,即认为物体的整个体积内无空隙地充满了物质,物体内各点力学性质也完全相同。

(2) 变形固体是各向同性的,即认为物体沿各个方向的力学性质完全相同。

本编只讨论直杆的微小变形。所谓直杆,就是其纵向尺寸远大于横向尺寸,轴线(各横截面形心的连线)为一直线的物体。直杆变形的基本形式有五种:拉伸(图 I - 1(a))或压缩(图 I - 1(b))、扭转(图 I - 1(c))、剪切(图 I - 1(d))和弯曲(图 I - 1(e))。

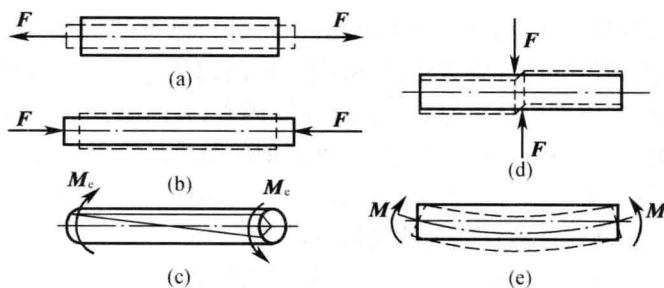


图 I - 1

第 1 章 静力学公理和物体的受力分析

本章将阐述静力学公理,并介绍工程中常见的约束和约束力的分析及物体的受力图。

1.1 静力学公理

公理是人们在生活和生产实践中长期积累的经验总结,又经过实践反复检验,被确认是符合客观实际的最普遍、最一般的规律。

公理 1 二力平衡公理

作用在刚体上的两个力,使刚体保持平衡的必要和充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,且作用在同一直线上。

公理 1 阐明了作用于刚体上的最简单力系的平衡条件。必须注意,这里说的是刚体的平衡;对于变形体来说,以上所述只是必要条件而不是充分条件。例如,软绳的两端受到等值、反向、共线的两力拉伸时处于平衡;但如改为受压,则即使两力仍等值、反向、共线、软绳也不能平衡。

只受两个力作用处于平衡的物体称为二力构件或二力杆。根据公理 1,我们能够立刻确定这两个力的方位——必定沿两力作用点的连线。

公理 2 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。合力的作用点也在该点,合力的大小和方向,由这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线确定,如图 1-1(a)所示。或者说,合力矢等于这两个力矢的矢量和,即

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

亦可另作一力三角形,求两汇交力合力的大小和方向(即合力矢),如图 1-1(b)(c)所示。

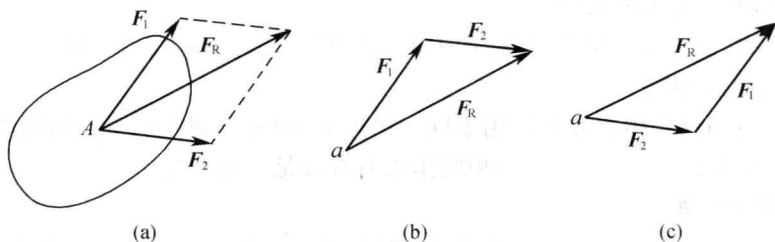


图 1-1

公理 3 加减平衡力系公理

在作用于刚体的已知力系上加上或减去任一平衡力系,并不改变原力系对刚体的效应。

推理 1 力的可传性

作用于刚体上某点的力,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效应。

证明:在刚体上的点 A 作用力 F ,如图 1-2(a) 所示。根据加减平衡力系原理,可在力的作用线上任取一点 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 1-2(b) 所示。由于力 F 和 F_1 也是一个平衡力系,故可除去;这样只剩下一个力 F_2 ,如图 1-2(c) 所示,即原来的力 F 沿其作用线移到了点 B 。

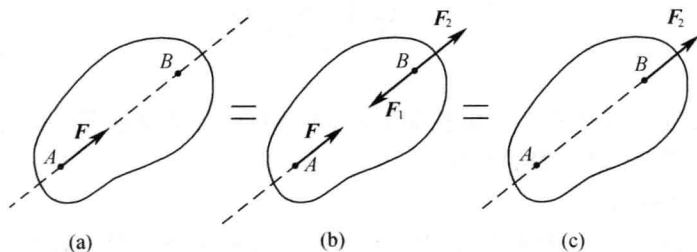


图 1-2

由此可见,对于刚体来说,力的作用点已不是决定力的作用效应的要素,作用于刚体上的力的三要素是:力的大小、方向和作用线位置。

作用于刚体上的力可以沿着作用线移动,这种矢量称为滑动矢量。

推理 2 三力平衡汇交定理

作用于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,则此三力必在同一平面内,且第三个力的作用线通过汇交点。

证明 如图 1-3 所示,在刚体的 A, B, C 三点上,分别作用三个相互平衡的力 F_1, F_2, F_3 。根据力的可传性,将力 F_1 和 F_2 移到汇交点 O 。然后根据力的平行四边形法则,得合力 F_{12} 。则力 F_3 应与 F_{12} 平衡。由于两个力平衡必须共线,所以力 F_3 必定与力 F_1 和 F_2 共面,且通过力 F_1 与 F_2 的交点 O 。

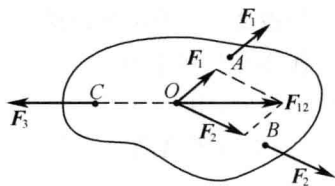


图 1-3

公理 4 作用和反作用定律

作用力和反作用力总是同时存在,两力的大小相等,方向相反,沿着同一直线,分别作用在两个相互作用的物体上。

注意:作用力和反作用力并非作用于同一物体上,而是分别作用于不同的两物体上。因此,对于每一物体来说,不能把作用力和反作用力看成是一对平衡力。

公理 5 刚化公理

若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。

公理 5 指出了刚体静力学的平衡理论能应用于变形体的条件:若变形体处于平衡状态,则作用于其上的力系一定满足刚体静力学的平衡条件。也就是说,对已知处于平衡状态的变形体,可以应用刚体静力学的平衡理论。然而,刚体平衡的充分与必要条件,对于变形体的平衡,只是必要条件而不是充分条件。关于这一点,前面已就二力平衡的简单情形以软绳

平衡为例作了说明。

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 约束和约束力

有些物体,例如,飞行的飞机、炮弹和火箭等,它们在空间的位移不受任何限制。位移不受限制的物体称为自由体。相反,有些物体在空间的位移却要受到一定的限制。位移受到限制的物体称为非自由体。对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体称为约束。

从力学角度来看,约束对物体的作用,实际上就是力,这种力称为约束力,因此约束力的方向必与该约束所能够阻碍的位移方向相反。应用这个准则,可以确定约束力的方向或作用线的位置。至于约束力的大小则是未知的。在静力学问题中,约束力和物体受到的其他已知力(称主动力)组成平衡力系,因此可用平衡条件求出未知的约束力。

下面介绍几种在工程中常见的约束类型和确定约束力方向的方法。

1.2.1 具有光滑接触表面的约束

例如,支持物体的固定面(图1-4(a)(b))、啮合齿轮的齿面(图1-5)、机床中的导轨等,当摩擦忽略不计时,都属于这类约束。

这类约束不能限制物体沿约束表面切线的位移,只能阻碍物体沿接触表面法线指向约束内部的位移。因此,光滑支承面对物体的约束力,作用在接触点处,作用线沿接触表面的公法线,并指向被约束的物体。这种约束力称为法向约束力,通常用 F_N 表示,如图1-4中的 F_{NA} , F_{NC} 和图1-5中的 F_{NB} 等。

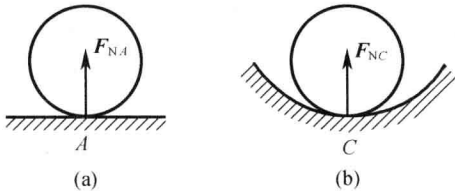


图 1-4

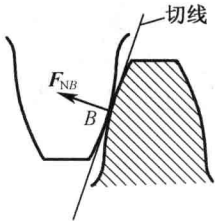


图 1-5

1.2.2 柔索类约束

细绳吊住重物,如图1-6(a)所示。由于柔软的绳索本身只能承受拉力,所以它给物体的约束力也只可能是拉力(图1-6(b))。因此,绳索对物体的约束力,作用在接触点,方向沿着绳索背离物体。通常用 F 或 F_T 表示这类约束力。

链条或胶带都只能承受拉力。当它们绕在轮子上,对轮子的约束力沿轮缘的切线方向(图1-7)。

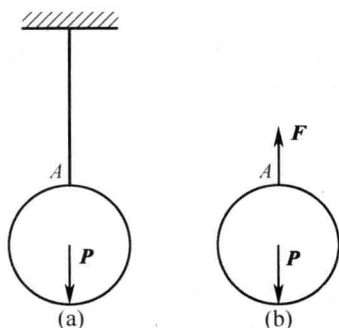


图 1-6

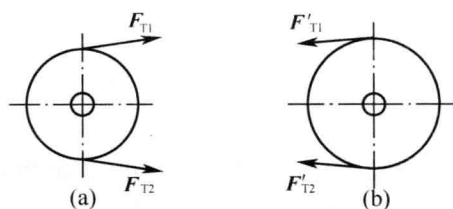


图 1-7

1.2.3 光滑铰链约束

这类约束有向心轴承、圆柱形铰链和固定铰链支座等。

1. 向心轴承(径向轴承)

图 1-8(a)(b)所示为轴承装置,可画成如图 1-8(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。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(图 1-8(a))。但是,随着轴所受的主动力不同,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 1-8(b)或(c)所示, F_{Ax} , F_{Ay} 的指向暂可任意假定。

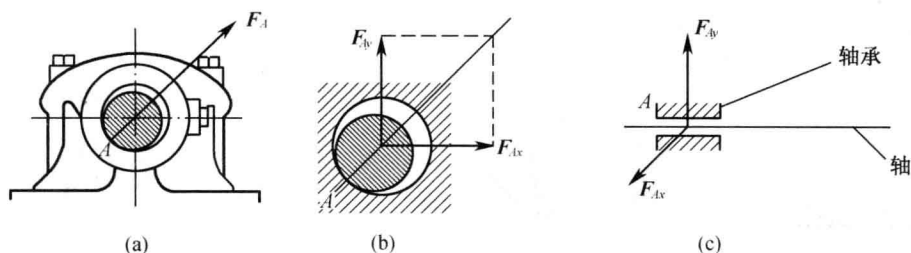


图 1-8

2. 圆柱铰链和固定铰链支座

图 1-9(a)所示的拱形桥是由两个拱形构件通过圆柱铰链 C 以及固定铰链支座 A 和 B 连接而成的。圆柱铰链简称铰链,它由销钉 C 将两个钻有同样大小孔的构件连接在一起而成(图 1-9(b)),其简图如图 1-9(a)的铰链 C 。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,如图 1-9(b)中所示的支座 B 。

在分析铰链 C 处的约束力时,通常把销钉 C 固连在其中任意一个构件上,如构件 II 上,则构件 I, II 互为约束。显然,当忽略摩擦时,构件 II 上的销钉与构件 I 的结合,实际上是轴与光滑孔的配合问题。因此,它与轴承具有同样的约束性质,即约束力的作用线不能预先定

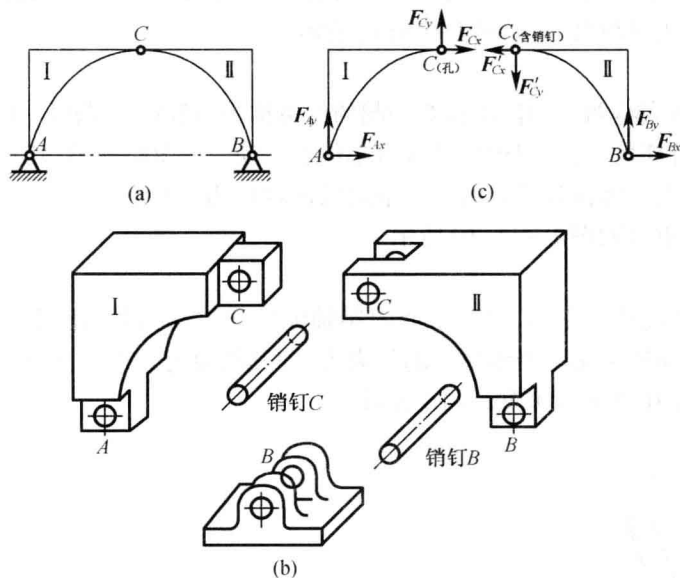


图 1-9

出,但约束力垂直轴线并通过铰链中心,故也可用两个大小未知的正交分力 F_{Cx} , F_{Cy} 和 F'_{Cx} , F'_{Cy} 来表示,如图 1-9(c) 所示。其中, $F_{Cx} = -F'_{Cx}$, $F_{Cy} = -F'_{Cy}$, 表明它们互为作用与反作用关系。

同理,把销钉固连在 A, B 支座上,则固定铰支座 A, B 对构件 I, II 的约束力分别为 F_{Ax} , F_{Ay} 与 F_{Bx} 和 F_{By} , 如图 1-9(c) 所示。

上述三种约束(向心轴承、铰链和固定铰链支座),虽然具体结构不同,但构成约束的性质是相同的,都可表示为光滑铰链。此类约束的特点是只限制两物体径向的相对移动,而不限制两物体绕铰链中心轴相对转动及轴向的移动。

1.2.4 其他约束

1. 活动铰链支座

在桥梁、屋架等结构中经常采用活动铰链支座约束。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,又称辊轴支座,如图 1-10(a) 所示,其简图如图 1-10(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,

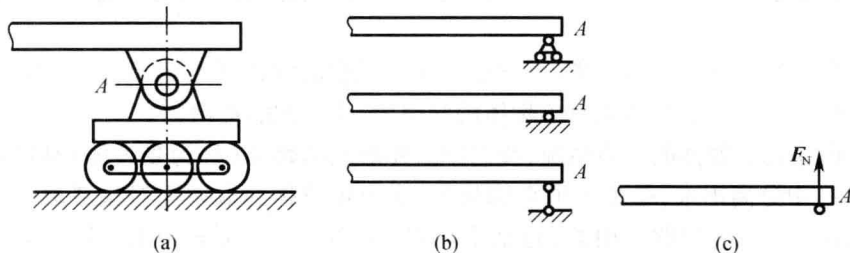


图 1-10

活动铰链支座的约束性质与光滑面约束相同,其约束力必垂直于支承面,且通过铰链中心。通常用 F_N 表示其法向约束力,如图 1-10(c) 所示。

2. 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。它使构件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,其约束力应是通过接触点与球心,但方向不能预先确定的一个空间法向约束力,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。

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 1-12 所示。

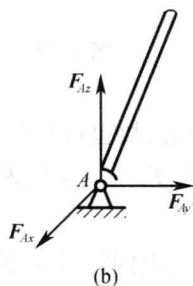
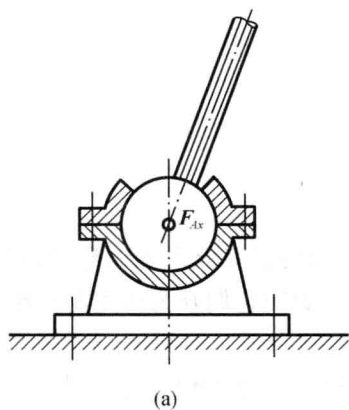


图 1-11

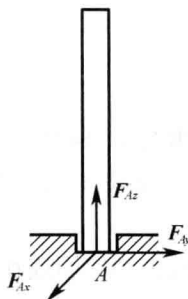


图 1-12

以上只介绍了几种简单约束,在工程中,约束的类型远不止这些,有的约束比较复杂,分析时需要加以简化或抽象,在以后的章节中再作介绍。

1.3 物体的受力和受力图

在工程实际中,为了求出未知的约束力,需要根据已知力,应用平衡条件求解。为此,首先要确定构件受了几给力,每个力的作用位置和力的作用方向,这种分析过程称为物体的受力分析。

作用在物体上的力可分为两类:一类是主动力,例如,物体所受的重力、风力、气体压力等,一般是已知的;另一类是约束对于物体的约束力,为未知的被动力。

为了清晰地表示物体的受力情况,我们把需要研究的物体(称为受力体)从周围的物体(称为施力体)中分离出来,单独画出它的简图,这个步骤称为取研究对象或取分离体。然后把施力物体对研究对象的作用力(包括主动力和约束力)全部画出来。这种表示物体受力的简明图形,称为受力图。画物体受力图是解决静力学问题的一个重要步骤。

例 1-1 用力 F 拉动碾子以压平路面,所受重力为 P 的碾子受到一石块的阻碍,如图