

★ 机械基础 ★

潘旦君 主编

★ 职工高等工业专科学校教材

机械基础

★ 潘旦君 孙梅君 姚兴发 许振华 编

★ 潘旦君 主编



高等教育出版社

TH11
4
职工高等工业专科学校教材

机 械 基 础

潘旦君 孙梅君 编
姚兴发 许振华
潘旦君 主编

高等教育出版社

本书是根据原教育部一九八三年十一月召开的职工高等工业专科学校教学大纲审订会审订的《机械基础教学大纲(草案)》编写的。

本书共三篇二十二章。第一篇工程力学,内容包括静力学基本概念及受力分析、平面汇交力系、力矩和平面力偶系、平面一般力系、轴向拉伸和压缩、扭转、弯曲、动荷应力和交变应力;第二篇机构及机械零件,内容包括平面机构的运动简图、平面连杆机构、凸轮机构和其他常用机构、调速和平衡、机械零件设计概论、螺纹联接和螺旋传动、带传动和链传动、齿轮传动和轮系、轴及其联接、轴承、弹簧;第三篇液压传动,内容包括液压传动的基础知识、液压元件、典型液压系统。

本书主要用作职工大学、业余工业大学“机械基础”课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

2060/42
10

职工高等工业专科学校教材

机 械 基 础

潘旦君 孙梅君 姚兴发 许振华 编

潘旦君 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民书店印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 21.5 字数 490,000

1986年11月第1版 1986年11月第1次印刷

印数 00,001—13,840

书号 15010·0789 定价 3.30元

前 言

本书是根据一九八三年十一月原教育部在无锡召开的全国职工高等工业专科学校基础课、技术基础课教学大纲审定会审订的《机械基础教学大纲(草案)》，按教学计划规定的学时下限(100学时)编写的，作为职工大学、业余大学等大专院校工业电气自动化等非机械类专业《机械基础》课程的通用教材。编写时以精选内容，保证基础，加强实践，讲究教法为原则，并吸取职工高校多年的教学经验，力求反映成人高等教育的特点。

本书包括工程力学、机构及机械零件和液压传动等方面的基本内容。除绪论外，全书共二十二章。为便于教学，本书所必需的资料、表格均在正文中列出，每章末附有思考题和习题，书末附有习题答案。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。

本书采用我国的法定计量单位和新颁布的国家标准。

参加本书编写的有：南京市业余工业大学潘旦君(绪论，第一、二、三、四、九、十、十一、十二章，第十六章的机械原理部分)、南京工学院孙梅君(第五、六、七、八章)、上海市电器公司职工大学姚兴发(第十三、十四、十五、十七、十八、十九章，第十六章的机械零件部分)、石油部管道局职工学院许振华(第二十、二十一、二十二章)。潘旦君担任主编。

本书由南京工学院杨可桢教授和上海虹口区业余大学余又波同志主审。参加审阅工作的还有重庆国营长江电工厂职工大学何清玉、沈阳国营新乐电工厂董庆元、南通市工人业余大学冯浚开和南京工学院唐光伟等同志。他们提出了很多宝贵的意见和建议，对提高本书的质量帮助很大，我们在此对上述同志表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中缺点错误在所难免，切望读者指正。对本书的意见请寄高等教育出版社机械编辑室或南京市业余工业大学力学与机械设计教研室。

编 者

一九八六年五月

主要符号表

a ——加速度, 中心距, 长度
 A ——面积
 b, B ——宽度, 厚度, 长度
 c ——系数, 长度
 C ——系数, 常数, 额定动载荷
 d, D ——直径
 e ——偏心距, 齿槽宽
 E ——弹性模量
 f ——摩擦系数, 挠度
 F ——力
 G ——重量, 剪切弹性模量
 h, H ——高度, 行程
 i ——数目, 传动比
 I ——轴惯矩
 I_p ——极惯矩
 J ——转动惯量
 k ——系数, 刚度
 K ——系数
 l ——长度
 L ——长度, 导程, 寿命
 m ——质量, 模数, 数目
 M ——力矩, 力偶矩, 弯矩
 M_T ——扭矩, 转矩
 n ——转速, 数目, 安全系数
 N ——力, 轴力, 循环次数
 p ——压强(压力), 周节, 节距
 P ——功率
 q ——集度, 排量
 Q ——力, 剪力, 流量
 r ——半径, 循环特征
 R ——半径, 力
 s ——位移, 螺距, 齿厚
 S ——力
 t ——时间, 温度

v ——速度
 V ——体积
 W ——功, 抗弯截面模量
 W_p ——抗扭截面模量
 x ——坐标
 X ——力的投影, 系数
 y ——坐标, 挠度
 Y ——力的投影, 系数
 z ——数目, 齿数, 坐标
 α ——角度, 系数
 β ——角度, 系数
 γ ——角度, 系数, 重度
 δ ——厚度, 间隙, 延伸率, 角度, 不均匀系数
 Δ ——厚度, 间隙
 ε ——线应变, 系数
 η ——效率
 θ ——角度
 λ ——升角, 弹簧变形量
 μ ——泊松比
 ν ——运动粘度
 ρ ——摩擦角, 曲率半径, 密度
 σ ——正应力
 σ_b ——强度极限
 σ_s ——比例极限
 σ_s ——屈服极限
 σ_B ——弯曲正应力
 σ_p ——挤压应力
 σ_H ——接触应力
 σ_s ——应力幅
 σ_m ——平均应力
 τ ——剪应力, 系数
 φ ——角度, 系数
 ψ ——截面收缩率, 系数
 ω ——角速度

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 工程力学

第一章 静力学基本概念及受力分析	4
------------------	---

§1-1 力及其性质	4
§1-2 约束和约束力	6
§1-3 受力分析与受力图	9
思考题	12
习题	12

第二章 平面汇交力系	15
------------	----

§2-1 概述	15
§2-2 力的投影	15
§2-3 用解析法求平面汇交力系的合力	17
§2-4 平面汇交力系的平衡方程和解题步骤	18
思考题	22
习题	23

第三章 力矩和平面力偶系	25
--------------	----

§3-1 力矩及其计算	25
§3-2 力偶及其性质	27
§3-3 平面力偶系的合成与平衡	29
思考题	30
习题	30

第四章 平面一般力系	32
------------	----

§4-1 引言	32
§4-2 平面一般力系向一点简化	33
§4-3 平面一般力系的平衡条件与平衡方程	37
§4-4 物系平衡和机械的静力计算	40
思考题	44
习题	44

第五章 轴向拉伸和压缩	48
-------------	----

§5-1 轴向拉伸和压缩的概念与实例	48
§5-2 拉(压)杆横截面上的内力和应力	49
§5-3 许用应力·拉(压)杆的强度计算	52

§5-4 拉(压)杆的变形·虎克定律	54
--------------------	----

§5-5 材料的机械性质	56
--------------	----

§5-6 压杆稳定的概念	62
--------------	----

§5-7 拉(压)杆连接部分的强度计算	63
---------------------	----

思考题	65
-----	----

习题	66
----	----

第六章 扭转	69
--------	----

§6-1 扭转的概念和实例	69
---------------	----

§6-2 外力偶矩和扭矩的计算·扭矩图	69
---------------------	----

§6-3 剪应力互等定理和剪切虎克定律	71
---------------------	----

§6-4 圆轴扭转时的应力·强度条件	73
--------------------	----

§6-5 圆轴扭转时的变形·刚度条件	77
--------------------	----

思考题	78
-----	----

习题	79
----	----

第七章 弯曲	81
--------	----

§7-1 弯曲的概念和实例	81
---------------	----

§7-2 梁的内力·弯矩图	82
---------------	----

§7-3 弯曲时的正应力和强度计算	86
-------------------	----

§7-4 梁的变形	96
-----------	----

*§7-5 用积分法求梁的变形	97
-----------------	----

§7-6 用叠加法求梁的变形·梁的刚度条件	100
-----------------------	-----

§7-7 弯扭组合的强度计算	103
----------------	-----

*§7-8 静不定梁	107
------------	-----

思考题	108
-----	-----

习题	110
----	-----

第八章 动荷应力和交变应力	114
---------------	-----

§8-1 动荷应力	114
-----------	-----

§8-2 交变应力与疲劳破坏	117
----------------	-----

§8-3 材料的持久极限及其影响因素	119
--------------------	-----

思考题	122
-----	-----

习题	122
----	-----

第二篇 机构及机械零件

第九章 平面机构的运动简图	
---------------	--

§9-1 机构及其组成	124
§9-2 运动副及其分类	125
§9-3 运动简图及其绘制	127
§9-4 运动确定性的概念	129
思考题	130
习题	130
第十章 平面连杆机构	132
§10-1 平面连杆机构的应用	132
§10-2 铰链四杆机构的基本型式及其特性	133
§10-3 平面连杆机构的其他型式	137
思考题	140
习题	140
第十一章 凸轮机构和其他常用机构	142
§11-1 凸轮机构的应用和分类	142
§11-2 凸轮机构的基本参数和从动件常用运动规律	143
§11-3 凸轮轮廓曲线的确定	144
§11-4 凸轮设计中的几个问题	147
§11-5 棘轮机构	149
§11-6 槽轮机构	150
*§11-7 其他常用机构	152
思考题	153
习题	153
第十二章 调速和平衡	154
§12-1 机器速度的波动与调节	154
§12-2 飞轮设计的近似方法	155
§12-3 转子的平衡	157
思考题	159
习题	159
第十三章 机械零件设计概论	160
§13-1 机械零件设计的基本要求和一般步骤	160
§13-2 机械零件的常用材料	160
§13-3 钢的热处理	166
§13-4 选择材料的基本原则	168
§13-5 机械零件的结构工艺性	169
思考题	173
第十四章 螺纹联接和螺旋传动	174
§14-1 螺纹	174
§14-2 螺纹联接的基本类型和螺纹联接	

件	175
§14-3 螺旋副的受力分析、效率和自锁	176
§14-4 螺纹联接的预紧和防松	179
§14-5 螺栓联接的强度计算	181
§14-6 螺旋传动简介	185
思考题	185
习题	186
第十五章 带传动和链传动	187
§15-1 带传动的基本理论	187
§15-2 三角带传动的设计	190
§15-3 链传动	200
思考题	201
习题	202
第十六章 齿轮传动和轮系	203
§16-1 齿轮传动的特点和分类	203
§16-2 渐开线齿廓满足齿廓啮合的基本定律	204
§16-3 齿轮各部分的名称和基本尺寸	206
§16-4 可分性、配对条件和连续传动	210
§16-5 切齿原理和根切现象	212
§16-6 轮齿失效和齿轮材料	214
§16-7 直齿圆柱齿轮的强度计算	216
§16-8 斜齿圆柱齿轮传动	222
§16-9 圆锥齿轮传动	225
§16-10 齿轮的结构	227
§16-11 蜗杆传动	228
§16-12 轮系及其传动比	232
思考题	234
习题	235
第十七章 轴及其联接	237
§17-1 轴的类型和材料	237
§17-2 轴的结构设计	238
§17-3 轴的强度计算	241
§17-4 轴毂联接	245
§17-5 联轴器和离合器	247
思考题	254
习题	254
第十八章 轴承	256
§18-1 滑动轴承的主要类型	256
§18-2 轴瓦和轴承衬的材料和结构	258
§18-3 非液体摩擦滑动轴承的计算	260

§18-4 滑动轴承的润滑	261	§20-1 液压传动的工作原理	286
§18-5 滚动轴承的类型、代号和选择	263	§20-2 液压油	289
§18-6 向心滚动轴承的寿命计算	267	§20-3 液压传动的几个参数	291
§18-7 滚动轴承组合的结构	271	思考题	293
思考题	274	习题	293
习题	275	第二十一章 液压元件	294
第十九章 弹簧	276	§21-1 液压泵	294
§19-1 概述	276	§21-2 液压马达	298
§19-2 圆柱形螺旋拉伸和压缩弹簧的结构、材料 和制造	276	§21-3 液压控制阀	299
§19-3 圆柱形螺旋拉伸和压缩弹簧的应力和 变形	279	§21-4 液压缸和液压辅助装置	315
§19-4 圆柱形螺旋拉伸和压缩弹簧的设计	281	思考题	320
思考题	284	第二十二章 典型液压系统	322
习题	284	§22-1 YT4543 型液压滑台的液压系统	322
		§22-2 YA71-250、500 型液压机的液压 系统	325
		*§22-3 液压伺服系统	327
		思考题	329
第三篇 液压传动		习题答案	330
第二十章 液压传动的基础知识	286	主要参考书	334

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的限制,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。此外,现代机械中又经常采用液压传动装置,考虑到这些情况,并照顾到有关学科的传统体系和便于进行教学,本书内容分为以下三篇。

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)计算的方法。本篇内容是本书后继部分的理论基础。

第二篇机构及机械零件——主要阐述一般机械中常用机构的工作原理、运动特点 and 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。本篇是全书的主体。

第三篇液压传动——主要介绍常见液压元件和简单液压系统的工作原理。液压系统在机械中的应用日益广泛,具备这方面的知识是必要的。

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,使问题得到简化,从而建立力学模型,据以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化计算方法,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。

本书所介绍的设计计算方法都是尽可能简化了的。用它们可以解决一些简单的生产实际问题。但对于重要和复杂的机械,则应采用更加精确和完善的设计计算方法。这类方法比较复杂,

需要较为深厚的理论基础和完成较大的计算工作量。近代力学理论的发展和电子计算机的应用,推动了机械设计方法的不断更新。作为入门的引导,在本书的选学部分中,穿插了几个用计算机解题的简单例子。

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,还采用试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、经验与实验三者并重。

“机械基础”是非机械类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”。学习本课前,学生还应对金属加工工艺具有一定的实际知识。

第一篇 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,则可不考虑变形的影响,将它视为刚体。平衡是指物体相对于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的条件称为平衡条件。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。本篇的理论力学部分只研究静力学的平面问题(第1~4章)。

本篇的材料力学部分主要讨论基础内容(第5~8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,物体各点的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。

本篇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三种:拉伸(图 I-1a)或压缩(图 b)、扭转(图 c)和弯曲(图 d)。

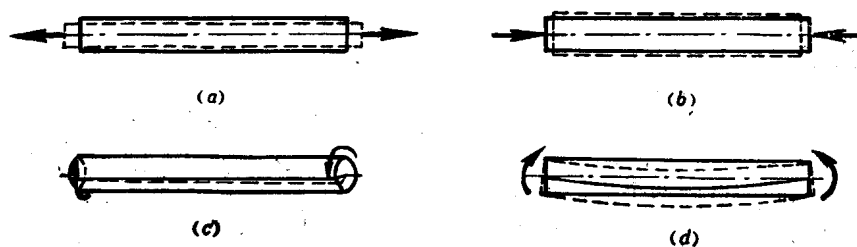


图 I-1

第一章 静力学基本概念及受力分析

§1-1 力及其性质

一、力和力系

力是物体间的一种相互作用,这种作用使物体的运动状态和形状发生改变。力使物体运动状态发生改变的效应称为力的外效应,使物体形状发生改变的效应称为力的内效应。

力对物体的效应取决于力的三要素,即力的大小、方向和作用点位置。只要改变其中一个要素,力的作用效果就不相同。因此,力是矢量,用黑体字母(如 $\mathbf{F}$)表示,对应的白体字母(如 F)仅表示力的大小。力的大小以牛顿(N)为单位。

力在图上用带箭头的有向线段表示。线段的长度代表力的大小,线段所在的直线代表力的作用线,箭头代表力的指向,线段的起点或终点为力的作用点(图 1-1)。用解析法计算力的大小时,线段 AB 的长度可以不按比例画出。

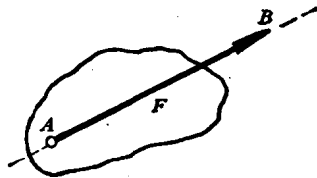


图 1-1

力通过物体间的直接接触,或通过物体和场(如重力场、电磁场)的相互作用而产生。前者如液压缸中油对活塞的压力,它作用在整个活塞的端面上;后者如重力,它作用于重物内的每一点。这些力是分布力。若分布面积或体积小可近似作为一个点,集中地作用于此点的力就是集中力,如两个钢球之间的压力。分布力可以简化为集中力,如分布的重力可简化为作用在物体重心的一个总重力。

作用在物体上的一群力称为力系。力系的等效指两个力系对同一刚体的作用效果相同。等效的两个力系可以互相代替。若一力与一力系等效,则此力称为该力系的合力,力系中各力称为此力的分力。

二、力的性质

实践证明,力具有下述性质:

性质一

作用在物体上同一点的两个力,可以按平行四边形法则合成为一个合力。此合力也作用在该点,其大小和方向由这两力为边构成的平行四边形的主对角线确定(图 1-2)。即合力等于其两分力的矢量和,写成

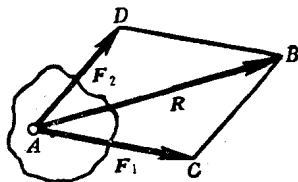


图 1-2

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

用平行四边形法则也可以将一力分解为两个分力。工程上常将一力沿两个相互垂直的方向

分解。如图 1-3 所示, 割刀 1 对工件 2 的切削力 F 可分解为切向力(切削抗力) F_t 和径向力(进刀抗力) F_n 。由图可见, $F_t = F \sin \alpha$, $F_n = F \cos \alpha$ 。这种分解称为正交分解。

性质二

作用于刚体的两个力, 使刚体保持平衡的必要和充分条件是: 这两力大小相等, 方向相反, 作用在同一直线上(即两力等值、反向、共线), 这称为二力平衡条件。显然, 这样两个力的合力为零。

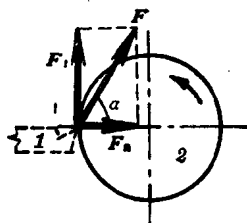
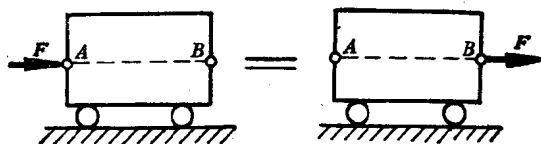


图 1-3



(a)

(b)

图 1-4

只受两个力的作用而保持平衡的刚体称为二力体。在图 1-1a 中, 若略去拉杆的自重和伸长, 则该拉杆就是一个二力体。杆两端所受的一对拉力的大小相等, 方向相反, 作用线与杆轴重合。

二力平衡条件只适用于刚体。对于变形体, 这一条件并不充分。如一段绳索, 在两端受到一对等值、反向、共线的压力作用时, 并不能保持平衡。

性质三

作用在刚体上的力, 可沿作用线任意移动作用点而保持它原来对刚体的作用效果, 这叫做力对刚体的可传性。

在水平道路上, 用同样大小的水平力推车(图 1-4a)或拉车(图 b), 可以产生同样的外效应。可见这时力的作用点不再是决定其效应的要素, 而应由作用线取代。因此, 作用于刚体上的力, 其三要素是力的大小、方向和作用线位置。

力的可传性只适用于刚体, 对于需要考虑变形的物体是不适用。例如, 直杆 AB 两端受到两个等值、反向、共线的拉力 F_1 和 F_2 而保持平衡(图 1-5a)。将这两个力沿作用线分别移到杆的另一端(图 b), 虽然直杆仍然平衡, 但它的变形情况却由拉伸变为压缩。可见力的作用点沿其作用线的移动改变了它的内效应。

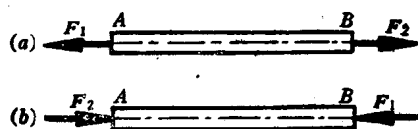


图 1-5

性质四

任意两个相互作用物体之间的作用力和反作用力同时存在。这两个力大小相等, 作用线相同而指向相反, 分别作用在这两个物体上, 这称为作用和反作用定律。

作用和反作用定律是分析机械受力情况的重要依据。因为机械中力的传递, 是通过零件之间的作用与反作用而进行的。

应当注意, 作用和反作用定律中的一对力, 和二力平衡条件中的一对力是有区别的。作用力和反作用力分别作用在不同的物体上而二力平衡条件中的两力则作用在同一刚体上。

§1-2 约束和约束力

在分析物体的受力情况时,常将力分为给定力和约束力。

给定力(又称载荷)通常是已知的。它可用静力学以外的方法进行计算或加以测定。常见的给定力有重力、磁力、流体压力、弹簧的弹力和某些作用在物体上的已知力。

对物体运动起限制作用的其他物体称为约束物,简称约束。被限制的物体则称为被约束物。如在牛头刨床中,刨头的运动受导轨限制,只能沿导路直线移动,导轨是约束。又如电动机转子的运动受轴承限制,只能绕轴线转动,轴承是约束。

约束对被约束物的力称为约束力。如上述两例中,导轨对刨头的力和轴承对转子轴颈的力都是约束力。约束力是物体间直接接触时产生的,作用在接触处,其作用是限制被约束物的运动,故约束力的方向与该约束所能限制的运动方向相反。这是确定约束力方向的原则。约束力的大小通常未知,需由平衡条件求出。

下面介绍几种机械上常见的约束,并说明约束力的方向和某些约束简图的画法。

1. 柔索

理想的柔索不可伸长,只能承受拉力,不具备抵抗压缩或弯曲的能力。被柔索约束着的物体,仅仅不能沿着拉长柔索的方向运动,故物体所受的约束力是拉力,其作用线与柔索重合。

工程中的链条、胶带和钢丝绳都可以简化为柔索。例如起重机用链条吊起减速箱盖时(图1-6a),箱盖除受重力 G 外,还受有链条的拉力 S_B 和 S_C ,吊环 A 则受到三根链条的拉力(图b)。又如在带传动中(图1-7a),大小带轮分别受到带的拉力 S'_1 、 S'_2 和 S_1 、 S_2 (图b)。

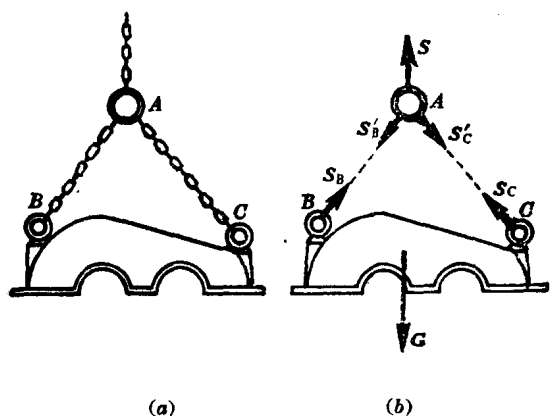


图 1-6

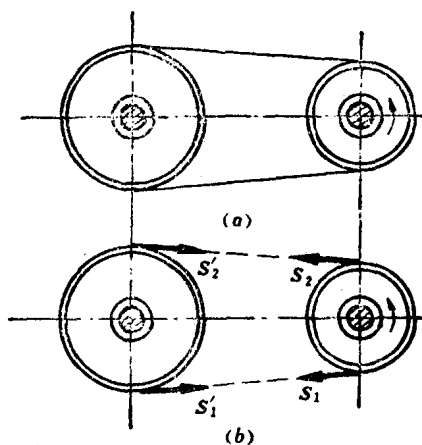


图 1-7

2. 光滑面

绝对光滑的接触面(简称光滑面)和被约束物之间没有摩擦。被约束物不能压入面内,但可沿接触面的切线滑动。因此,光滑面对被约束物的力是指向被约束物表面的压力,此力通过接触

点 A ，作用线与接触点的公法线重合(图1-8)。当被约束物以平面与光滑平面接触，且接触面上各点的压力均匀分布时，约束力通过接触面的中心。

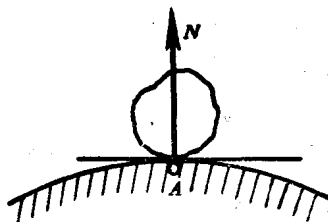


图 1-8

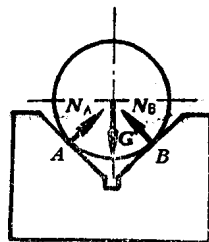


图 1-9

实际上并不存在无摩擦的光滑面。在工程计算中，若摩擦力远小于其他各力，或因暂时无需考虑摩擦影响，则可视物体表面为光滑面。例如搁在 V 形铁上的圆轴(图 1-9)，不计摩擦时，圆轴除重力 G 外，还受到沿接触点的法向压力 N_A 和 N_B 的作用。

3. 光滑柱铰

约束物与被约束物以光滑圆柱面相联接时，称为光滑圆柱铰链，简称柱铰或铰链。将两个有孔的物体 A 和 B 用销钉 C 联接起来(图 1-10)，就构成柱铰。分析约束力时，物体 A 和 B 一为约

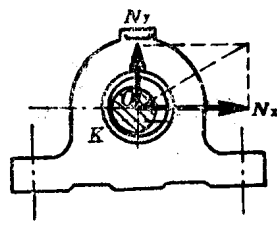
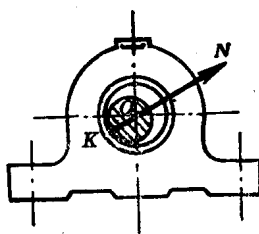
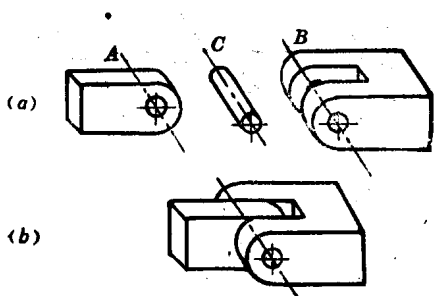


图 1-10

图 1-11

束物，另一为被约束物(销钉 C 可并入 A 或 B)。当约束物固定不动时，这种柱铰称为固定铰链支座，简称固定支座。不计摩擦的轴承座是固定支座的实例(图 1-11a)。由于孔的约束，轴只能旋转，不能沿半径方向压入或离开孔壁，故轴所受的约束力是过接触点 K 沿径向的压力 N 。因接触点 K 在圆周上的位置无法事先确定，所以只能判定力 N 必定通过轴心，沿某一半径方向。在受力分析中，可将固定支座的约束力用两个正交分力 N_x 和 N_y 表示(图 b)。柱铰的约束力的表示方法与此相同。

图 1-12 表示柱铰(图 a)和固定支座(图 b)的简图和约束力的画法。图中 1 为约束，2 为被约束物。两分力 N_x 和 N_y 的大小和指向均为未知，通常可先假定两分力的指向与所选坐标轴的正向一致。

4. 可动支座

可动支座是可动铰链支座的简称。它由柱铰 1、支座 2 和搁在支承面上的滚子 3 等组成(图

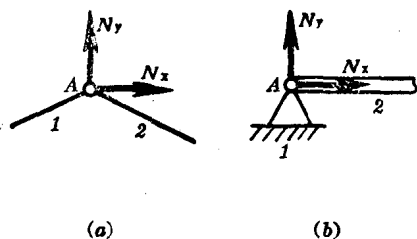


图 1-12

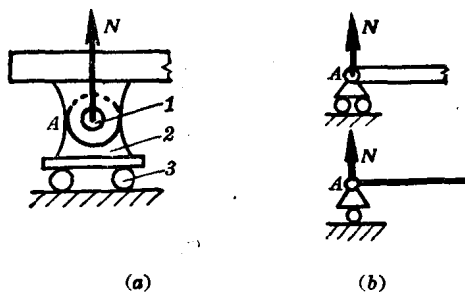


图 1-13

1-13a), 是一种复合的约束。由图可见, 由于可动支座的约束, 被约束物的 A 端不能向下运动 (因滚子不能压入支承面), 但它平行于支承面的运动并不受限制。因此, 可动支座约束力的方向与支承面垂直 (与光滑平面的约束力相似)。图 b 表示可动支座的简图和约束力画法。

转轴两端用轴承支承时, 为避免因热胀冷缩而产生温度应力, 常将轴的一端轴向固定 (图 1-14a), 即 A 端不能沿 x 轴移动; 而另一端 (B 端) 则可沿 x 轴自由移动。在力 F 与轴线所在平面 (xAy 面) 内进行受力分析时, B 端可简化为可动支座, A 端可简化为固定支座, 其简图和约束力如图 b 所示。

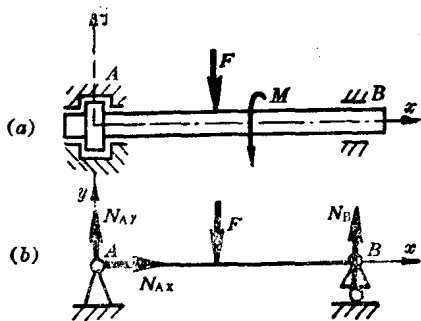


图 1-14

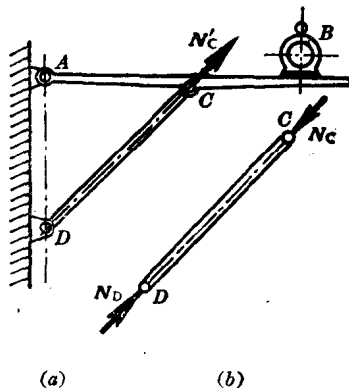


图 1-15

5. 二力体

二力体也是一种复合约束。工程上常见的二力体是两端有铰且自重不计的拉杆或压杆。在图 1-15a 所示的支架中, CD 杆支撑着横梁 AB 。若不计支杆 CD 的自重, 它只在 C 、 D 两点受力并保持平衡, 故该杆是二力体 (压杆)。由二力平衡条件可知, 两力 N_C 和 N_D 的作用线与两端铰链 C 、 D 中心的连线重合, 如图 b 所示。因为 N_C 沿 CD 方向, 由作用和反作用定律可知, 支杆对横梁 AB 的约束力 N'_C 与 N_C 大小相等, 方向相反, 作用线与 CD 重合, 如图 a 所示。由此可见, 二力体对被约束物的约束力的作用线与二力体所受两力作用点的连线重合, 其指向视二力体所受力的性质而定: 拉杆的约束力是拉力, 压杆的约束力是压力。

二力体并非都是直杆。在图 1-16a 所示的棘轮装置中, 棘爪 AB 用来阻止棘轮绕轴 O 顺时针转动。棘爪是约束, 棘轮是被约束物。若不计棘爪的自重, 由图 b 可知, 该棘爪为受压的二力

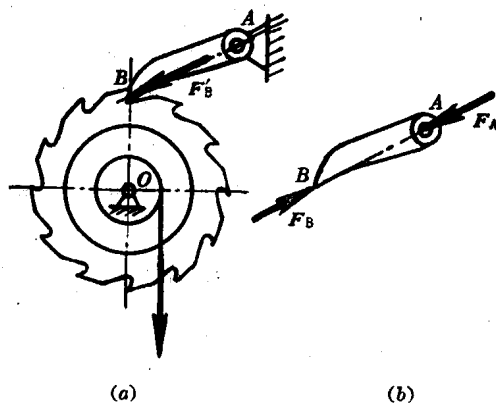


图 1-16

体。棘轮在 B 点受到棘爪的约束力 F'_B 。该力是压力，其作用线沿铰链 A 的中心和点 B 的连线，方向如图所示。

§1-3 受力分析与受力图

受力分析就是研究某个指定物体受到的力，并分析这些力的三要素；为便于研究起见，将这些力全部画在图上。该物体称为研究对象，所画出的图形称为受力图。解决力学问题都要先进行受力分析，读者应熟练掌握其方法。

画受力图的一般步骤是：

1. 认定研究对象

根据所研究的问题，首先要确定何者是研究对象。研究对象是受力物，周围的其他一些物体是施力物。受力图上画出的力来自施力物。为清楚起见，一般需将研究对象单独画出，并在该图上画出，它受到的全部外力（如图 1-6b 中分别取箱盖和吊环为研究对象）。为简便起见，对较简单的问题或技巧较熟练时，研究对象可以不单独画出，直接在原图上画出它所受的各力（如图 1-9，研究对象为圆轴）。

2. 画给定力

给定力常为已知或可测定，按已知条件画在研究对象上即可。

3. 画约束力

画约束力是受力分析的主要内容。研究对象往往同时受到多个约束。为了不漏画约束力，应先判明存在几处约束；为了不错画约束力，应按各处约束的种类确定约束力的方向，不要主观臆测。

研究由多个物体组成的物体系统（简称物系）时，应区分外力与内力。物系以外的物体对物系的作用力称为外力，物系内各部分之间的相互作用力称为内力。例如，电动机由转子和定子（即机架）等组成。以电动机为物系时，机架轴承与转子之间的相互作用力属于内力，地球对电动机的引力（重力）属于外力。以整个物系为研究对象时，在受力图上不必画出内力，因为内力成对