



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

机械基础

(工程技术类)

胡家秀 主编



机械工业出版社



中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

机 械 基 础

(工程技术类)

基础课教学指导委员会 组编

主 编 胡家秀
参 编 鹿国庆 叶红朝 毛全有
责任主审 张 策
审 稿 陆锡年 孙月海



机械工业出版社

本书是根据教育部职教司组织制订的中等职业学校三年制工程技术类专业“机械基础”课程教学大纲基本精神编写的,是教育部面向 21 世纪中等职业教育国家规划教材。

本书共分五篇十二章。主要内容包括:工程力学基础;机械工程材料基础;常用机构与机械传动;联接与支承零部件;液压传动。

本书主要适用于全日制中等职业学校(包括中等专业学校、职业高中和技校)工程技术类各专业,适用学时为 80~110 学时。也可作为相近学时现四年制中职近机械类、机电类各专业的选用教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础:机械类/胡家秀主编. —北京:机械工业出版社, 2001. 6

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-111-08998-7

I. 机... II. 胡... III. 机械学-专业学校-教材
N. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 033218 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:冯 铤 版式设计:张世琴 责任校对:张 媛

封面设计:姚 毅 责任印制:路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 4 月第 1 版·第 4 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·18 印张·445 千字

15 001—20 000 册

定价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均做了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001 年 5 月

前 言

本书是根据教育部职教司组织制订的“机械基础”课程教学大纲基本精神和在总结近年来中职本课程教改经验基础上编写的。编写一本在内容上能涵盖从事机、电工程一线职业岗位群高素质劳动者对机械基础方面的技术知识要求；文字上通俗易懂，注意理论知识与工程生产实践的密切结合；能使所有中等职业学校（包括中专、职业高中、技工学校）三年制机械类专业基本统一教学要求，以便为推行中等职业学校弹性学制创造必要条件的教材，是本书全体编者的努力目标。

本书编写时，考虑到本课程总信息含量较大，知识面较宽，总学时较多的特点，采用了相对独立的模块式结构，以利于为未来弹性学制所用。基于这一思想，本书共分为五篇十二章：由静力学概要、材料力学基础两章组成的工程力学基础篇；由金属材料与热处理基础、其它常用工程材料两章组成的机械工程材料基础篇；由常用机构、齿轮传动、齿轮系与减速器、带传动与链传动四章组成的常用机构与机械传动篇；由联接、支承零部件两章组成的联接与支承零部件篇；由液压传动基本概念、液压元件及简单液压系统分析两章组成的液压传动篇。书中画有“*”者为选学内容。

本书的编写分工为：叶红朝（第三、四、九章），鹿国庆（第五、七章），毛全有（第十一、十二章）、胡家秀（其余各章）。全书由胡家秀主编。章建民任主审。

在编写过程中，机械专指委基础课指委会机械设计学科组的许多同行提出了宝贵的意见，在此向他们表示衷心的感谢。鉴于编者水平有限，成书时间又比较仓促，书中难免有错误和不妥之处，热切希望广大读者批评指正。

编 者

2001年4月

目 录

出版说明

前言

引言 1

第一篇 工程力学基础

第一章 静力学概要 5

第一节 静力学基础 5

第二节 平面汇交力系 11

第三节 力矩与力偶 16

第四节 平面任意力系 22

* 第五节 空间力系简述 28

* 第六节 滑动摩擦 32

思考题与习题 34

第二章 材料力学基础 40

第一节 概述 40

第二节 构件轴向拉伸时的强度计算 41

第三节 构件剪切与挤压时的强度计算 48

第四节 圆轴扭转时的强度计算与刚度
计算 51

第五节 构件弯曲变形时的强度计算与
刚度计算 57

* 第六节 构件弯曲组合变形时的强度
计算 68

* 第七节 构件疲劳强度计算 70

思考题与习题 73

第二篇 机械工程材料基础

第三章 金属材料与热处理基础 79

第一节 金属材料的性能 79

第二节 金属学基础 81

第三节 钢的热处理常识 89

第四节 常用金属材料 100

思考题与习题 116

* 第四章 其它常用工程材料 118

第一节 工程塑料 118

第二节 其它非金属材料 120

思考题与习题 121

第三篇 常用机构与机械传动

第五章 常用机构 122

第一节 平面连杆机构 122

第二节 凸轮机构 128

第三节 间歇运动机构 135

第四节 螺旋机构 137

思考题与习题 140

第六章 齿轮传动 143

第一节 齿轮传动的特点、应用与分类 143

第二节 渐开线的形成原理和基本性质 144

第三节 渐开线齿轮的基本参数及几何
尺寸计算 146

第四节 渐开线齿轮传动的啮合 150

第五节 渐开线齿轮的切齿原理与根切
现象 153

第六节 平行轴斜齿圆柱齿轮传动 156

第七节 渐开线圆柱齿轮传动的设计 160

第八节 锥齿轮传动 171

第九节 蜗杆传动 174

第十节 齿轮的结构设计 181

思考题与习题 183

第七章 齿轮系与减速器 184

第一节 齿轮系的分类与功用 184

第二节 齿轮系传动比计算 185

第三节 齿轮减速器简介 189

思考题与习题 193

第八章 带传动与链传动 194

第一节 带传动的组成及类型 194

第二节 带传动的工作原理和工作能力
分析 195

第三节 普通 V 带的标准及其传动设计
简介 198

第四节 链传动 203

思考题与习题 208

第四篇 联接与支承零部件

第九章 联接	210
第一节 键联接	210
第二节 螺纹联接	215
第三节 联轴器	221
第四节 离合器	223
思考题与习题	224
第十章 支承零部件	226
第一节 轴	226
第二节 滑动轴承	228
第三节 滚动轴承的类型及选择	231
第四节 轴系结构分析	236
第五节 轴的强度计算简介	243
第六节 滚动轴承的寿命计算	246
第七节 轴系的维护	250
思考题与习题	252
附表 10-1 深沟球轴承(摘自 GB/T276)	253

第五篇 液压传动

第十一章 液压传动基本概念	255
第一节 液压传动的工作原理及组成	255
第二节 流速和流量	259
第三节 液阻和压力损失	259
第四节 功率和效率	260
思考题与习题	261
第十二章 液压元件及简单液压系统	
分析	262
第一节 液压泵	262
第二节 液压缸	266
第三节 液压控制阀	269
第四节 辅助元件	274
第五节 液压基本回路及系统实例分析	275
思考题与习题	281
参考文献	282

引言

在中学里，我们已经学习了非常有用的数学、物理和化学知识，认识到周围的事物实际上无一不是物理与化学作用的结果。数学则是物理和化学的基础。

但当人们拓展视野、深入到创造物质世界活动中时会发现，单纯的数学、物理或化学，常常无法解决实际应用问题。不同的应用领域，需要将数、理、化知识适度综合，高度概括，从而形成解决问题更为直接、更为有效的理论体系，这便产生了诸如机械工程、电气工程、计算机工程、化学工程、建筑工程等门类众多的应用工程科学。它们是创造人类社会多姿多彩物质世界的应用理论基础。

应当指出，不管是宇航的飞船、高水平的计算机还是庞大的原子能核电站，它们的基础构件，大多必须用机械工程的手段制造而成。因此，机械工程是最基础的应用工程科学。

一、本课程的研究对象

机械工程的研究对象是机械。

什么是机械？机械是机器与机构的总称。

1. 机器

机器是用来变换或传递能量、物料和信息，能减轻或替代人类劳动的工具。

图 0-1 所示的台钻是比较常见的典型机器。观察其工作过程：电动机 1 转动，驱动带传动，带传动又将运动和动力传递给变速箱 2 内的齿轮系，变速箱中的主轴与钻头 3 直接联接，从而将运动与动力传递给了钻头，最后完成对工件的切削加工。

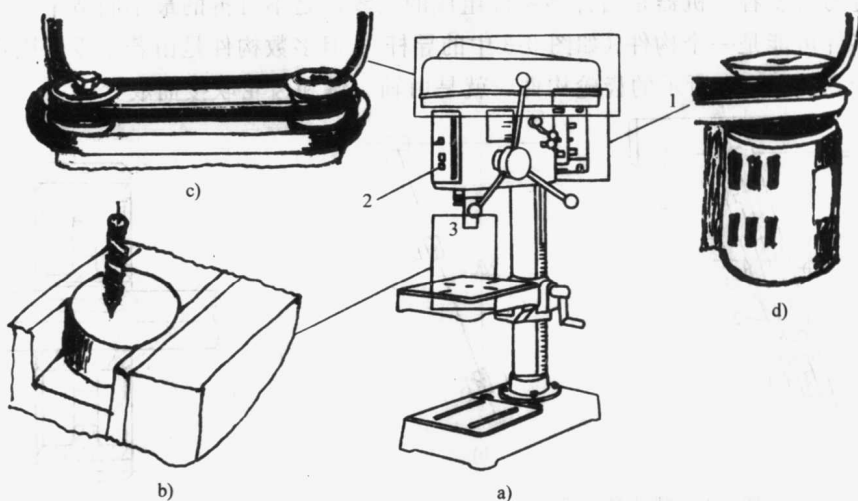


图 0-1 台钻

a) 台钻 b) 钻头钻削工件 c) V 带传动 d) 电动机

图 0-2 所示为牛头刨床，它由电动机 1 通过带传动 3 和齿轮传动装置 2 实现减速，又通过摆动导杆机构 9 改变运动形式，使滑枕 5 带动刨刀 7 作往复移动来实现刨削。

由上述两例分析表明，机器通常由三大部分组成：原动装置→传动装置→执行装置。

机械最常见的原动装置是电动机。传动装置和执行装置通常是由一些机构或传动组成（如台钻的传动装置为带传动和变速箱，牛头刨床的执行装置为摆动导杆机构等）。

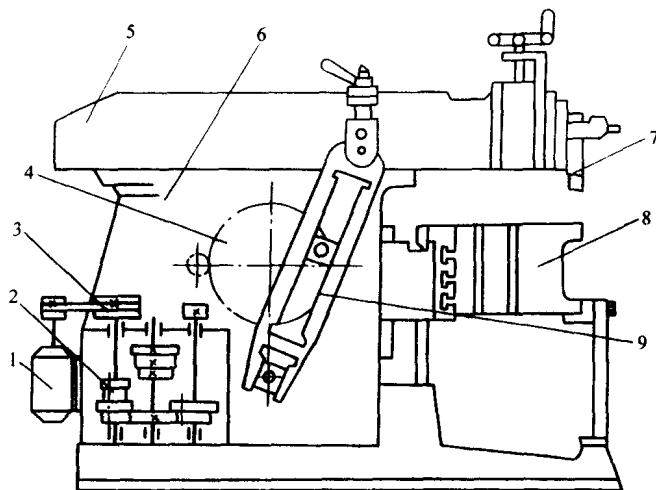


图 0-2 牛头刨床

1—电动机 2—齿轮传动装置 3—带传动 4—大齿轮
5—滑枕 6—床身 7—刨刀 8—工作台 9—导杆

2. 机构

机构是具有确定相对运动的构件组合。图 0-3 所示为实现滑枕运动的摆动导杆机构，它由若干构件（大齿轮 6，滑块 1、3，导杆 2，滑枕 4）组合而成。从运动的角度看，构件是机器中运动的最小单元。

3. 机械零件

从制造的角度看，机器是由许多零件组成的。零件是不可拆的最小制造单元。

一个零件可能是一个构件（如图 0-3 中的导杆）。但多数构件是由若干零件固定联接而成的刚性组合。如图 0-4 所示的齿轮构件，就是由轴、键和齿轮联接而成。

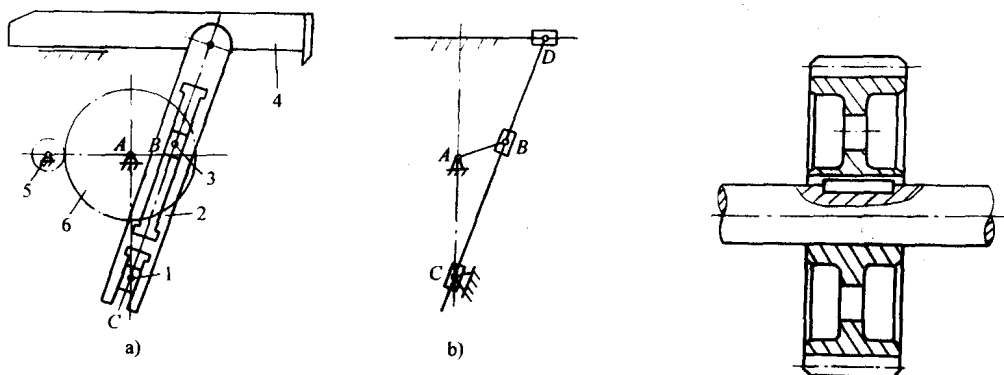


图 0-3 摆动导杆机构

a) 机构示意图 b) 机构运动简图

1、3—滑块 2—导杆 4—滑枕 5—小齿轮 6—大齿轮

图 0-4 齿轮构件

4. 运动副

构件与构件之间既保证相互接触和制约，又保持确定的运动，这样一种可动联接称为

“运动副”。

只允许被联接的两构件在同一平面或相互平行的平面内作相对运动的运动副称为平面运动副。

按照接触特性，平面运动副可分为低副和高副。构件间的接触形式为面接触的运动副称为低副。常见的平面低副有回转副和移动副。图 0-5b 所示为回转副及其运动简图符号，回转副有时也称为铰链（图 0-5c）；图 0-5a 所示为移动副及其运动简图符号。

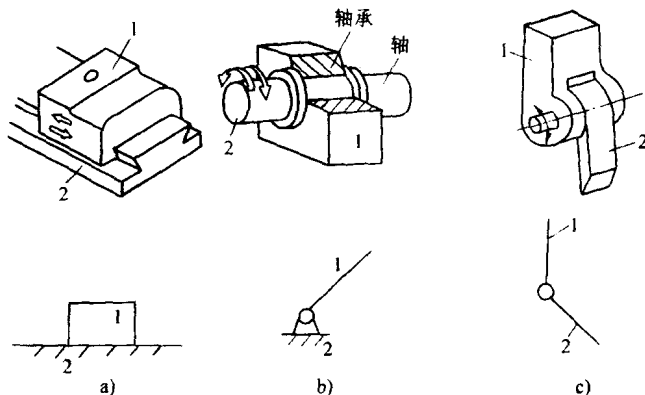


图 0-5 平面低副

a) 移动副 b) 回转副（固定铰链） c) 回转副（活动铰链）

构件间的接触形式为点、线接触的运动副称为高副。如图 0-6 所示，在凸轮机构和齿轮机构中，构件 1 和构件 2 形成的运动副均为高副。

综上所述，归纳要点如下：

1) 构件与零件的区别在于：构件是机械运动的基本单元，零件是机械制造的基本单元；有时一个零件就是一个构件，但通常构件由多个零件刚性固接而成。

2) 机器与机构的区别在于：虽然机器和机构都具有确定的相对运动，且机器可以是一个机构或由若干构件与零件组成，但机器具有能代替或减轻人类劳动，完成功能转换的特征，而机构则不具有此特征。

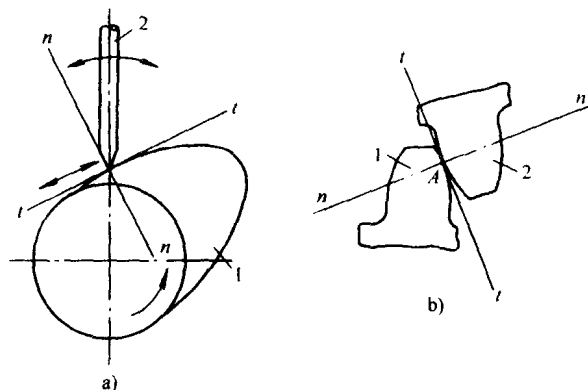


图 0-6 平面高副

a) 凸轮副 b) 齿轮副

3) 平面运动副可分为低副和高副：低副为面接触；高副为点或线接触。

二、本课程的主要内容

1. 机械产生的步骤

实际应用的机械是怎样产生的？它通常要经历这样一些步骤：

1) 根据工作要求，用规定的机构运动简图符号勾画出机器和机构的运动简图，并分析构件的运动速度和加速度等情况，通常称之为机械的运动设计。

2) 按类比法，确定所要设计零件的材料；对铁碳合金材料，还要考虑其热处理方式。这一步骤可称之为机械的材料设计。

3) 根据机器运动设计的简图, 对各构件或零、部件进行受力分析, 最终确定零件的受载情况, 通常称之为机械的工程力学分析。

4) 根据零件的最大受载和零件可能产生的失效破坏形式, 按设计准则确定零件的主要参数, 这称之为机械(零件)的强度设计。

5) 计算零件的全部几何尺寸, 按机械制图标准规范和公差配合要求画出零件工作图, 通常称之为机械零件的结构设计。

6) 根据零件工作图, 进行加工制造的工艺设计。

7) 用机床(或数控机床)对零件进行制造加工。

8) 装配, 试车。

2. 本课程的主要内容

在高等学校的机械类专业中, 上述每一步骤实际上都可演绎为一门课程, 如 2) 演绎为“机械工程材料”; 3) 演绎为“工程力学”; 5) 演绎为“机制制图”和“公差配合与技术测量”两门课程; 1) 演绎为“机械原理”; 4) 演绎为“机械零件”或“机械设计”; 6) 演绎为“机械制造工艺学”等等。由于本课程是中等职业教育机械类专业的技术基础课, 不可能详尽地阐述机械形成的全过程, 因此只能简要介绍机械设计中一些基础知识。“机械基础”课程主要内容如下:

- 1) 工程力学基础;
- 2) 机械工程材料基础;
- 3) 常用机构与机械传动;
- 4) 联接与支承零部件;
- 5) 液压传动。

思考题与习题

- 0-1 为什么机器中要用机构? 机器与机构的根本区别是什么?
- 0-2 辨别自行车、机械式手表、汽车、台虎钳等何为机器? 何为机构?
- 0-3 举例说明构件与零件的区别。
- 0-4 举例说明材料选择和强度设计对机械零件设计的重要性。

第一篇 工程力学基础

第一章 静力学概要

如图 1-1 所示,在对工程实际对象(如汽车、船舶、机床、卫星等)进行力学分析时,首先要把它理想化,即合理抽象为力学模型,这样才便于进行数学描述,得到数学模型。这一过程也简称为“建模”。然后进行计算,一般用计算机数值求解。随后,对得出结果加以分析,特别要与实验结果相比较,如误差符合要求,则结束分析,如误差大,往往要修改力学模型再分析。由此可见,力学模型直接决定计算结果的正确性,它是力学分析的基础,十分重要。

静力分析的常用模型为刚体。实际物体在受力作用时,其内部各质点间的相对距离总会发生一定的伸长或缩短,即变形。由于这种变形通常十分微小,在对某些问题的研究中可以忽略不计,因此引入“刚体”这一为分析方便而假设的力学模型。所以说,刚体是在力作用下不变形的物体。

刚体静力学是研究刚体在力系的作用下平衡规律的科学,简称为静力学。

第一节 静力学基础

一、静力学基本概念

1. 力

力是物体间的机械作用。这种作用有两种效应:使物体产生运动状态的变化和形状变化,前者称为运动效应,后者称为变形效应。

物理学中学过,力有三要素:大小、方向、作用点,如图 1-1 所示。因为力是矢量,因此可用有向线段 OA 表示,矢线始端 O 表示力的作用点,矢线方向表示力的方向,按一定比例尺所作线段 OA 的长度表示力的大小。计算时,力的单位采用我国的法定计量单位 N ;目前已不再使用的原工程单位制中,力的单位是 kgf 。 N 与 kgf 的换算关系是

$$1kgf = 9.807N$$

力对刚体只有运动效应(包括平动、转动及其特例——平衡)。这样,力的三要素可改述为大小、方向、作用线。这种作用在刚体上的力沿其作用线滑移的性质称为力的可传性,如图 1-2 所示。

如图 1-3a 所示刚性环与图 1-3b 所示柔性环均在二力作用下处于平衡,即 $F_1 = F_2$ 。力 F_1 沿作用线滑移前后,对刚性环的运动效应相同;但对柔性环的变形效应,则由呈椭圆形到仅有局部变形,二者差别很大。这说明力的可传性只适用于刚体模型。

2. 分布力与集中力

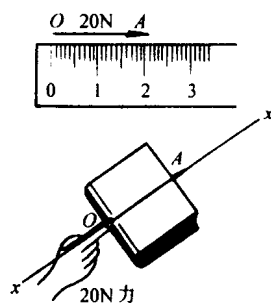


图 1-1 力的表示

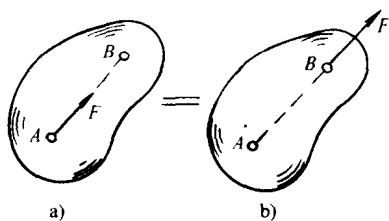


图 1-2 力的可传性

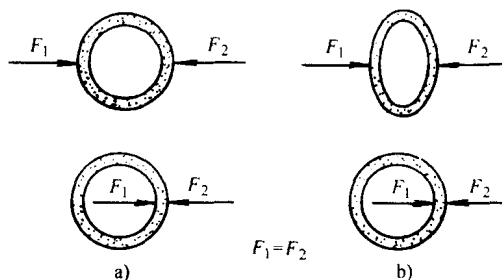


图 1-3 力滑移后刚性环与柔性环的效应比较

a) 刚性环 b) 柔性环

在物理学中和工程简化计算中,物体的受力一般认为力集中作用于一点,称为集中力。实际上,任何物体间的作用力都分布在有限的面积上或体积内,应为分布力。集中力在实际中并不存在,它只是分布力的理想化模型。但由于分布力的分布规律比较复杂,因此计算时常需简化为集中力。

图 1-4a、b 所示为静置在路面上的汽车轮胎和水坝。轮胎是弹性的,其所受的力作用在以宽度为 b 表示的小面积内,当 b 同其它尺寸(如汽车轮距)相比较很小时,即可忽略不计,而用集中力 F_R 代替,但在车辆动力学中,则要考虑弹性变形后的分布力,要用弹性力学来解决。水坝受到的静水压力分布在坝与水的接触面上,为面分布力,作近似计算时,将坝体简化为变截面梁的线分布载荷,如图 1-4b 中的虚线三角形所示,在分析坝体的平衡时,可用集中力 F_R 的大小与作用位置代替分布力。

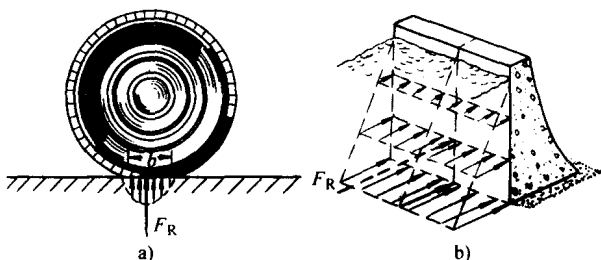


图 1-4 集中力是分布力的理想模型

a) 轮胎 b) 水坝

3. 理想约束

理想约束是对物体间接触性质和连接方式的理想化处理。

实际物体在空间的接触和连接有两类方式:一类如空中飞行的炮弹、飞机或卫星等,它们在空间的运动没有受到其它物体预加的限制,称为自由体;另一类如地面上的汽车,轴承中的轴,支承在柱子上的房架,连接在人体躯干上的肢体等,其空间运动受到其它物体预加的限制,称为非自由体或约束体。

对物体预加的限制,称为约束。上述地面对汽车、轴承对轴、柱子对房架、人体对肢体等都是约束。

物体的受力可分为两类:约束力和主动力。约束施加于被约束物体的力称为约束力或约束反力;除约束力以外的其它力称为主动力或载荷,如物体的重力,结构承受的风力、水力,机械零件中的弹簧力、电磁力等。本课程中,主动力一般是给定的(实际工作中则往往需要自行确定),对物体进行的受力分析只是分析约束力。

接触面的物理性质分为绝对光滑(理想约束)和存在摩擦(一般为非理想约束)两种。这里主要介绍理想约束。下面介绍几种典型的约束模型。

(1) 理想刚性约束 这种约束也是刚体,它与被约束间为刚性接触。常见的有:

1) 光滑接触面。当物体与固定约束(图 1-5a)或活动约束(图 1-5b)间的接触面非常光

滑, 其摩擦可忽略不计时, 即可简化为这类约束, 其约束反力的方向为公法线 n 的方向, 称为法向反力, 记为 F_N 。

2) 光滑圆柱铰链。这种约束简称为柱铰, 包括固定柱铰 (图 1-6) 和活动柱铰 (图 1-7), 实际是平面回转副的两种表现形式, 常简称为固定铰链和活动铰链。这种光滑面约束, 其约束体与被约束体的接触点在两维空间内是未知的, 因此其约束反力可用一对正交力 F_x 、 F_y 表示。

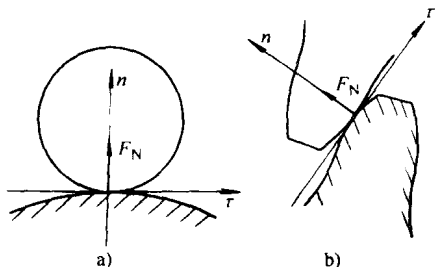


图 1-5 光滑接触面约束实例

a) 固定约束 b) 活动约束

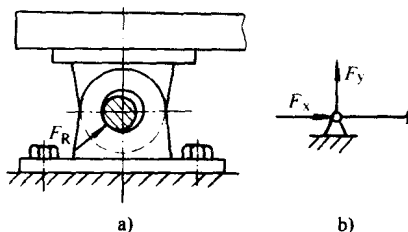


图 1-6 固定圆柱铰的结构与符号

a) 结构 b) 符号

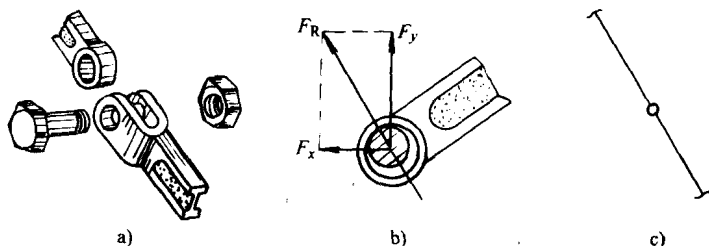


图 1-7 活动圆柱铰的结构与符号

a) 结构 b) 受力 c) 符号

(2) 理想柔性约束 如图 1-8 所示, 柔性线绳受物体外力 (如重力) 作用, 此时线绳约束力与外力方向相反, 并一定沿着线绳方向。当忽略摩擦时, 这种约束称为理想柔性约束。工程中常遇到的钢索、链条、传动带等物体均可近似认之为柔性约束。

二、静力学公理

静力学公理是人类经过长期经验积累和实践验证总结出来的最基本的力学规律。它概括了力的一些基本性质。下面简要介绍四个公理。

1. 两力平衡公理

刚体受两个力作用, 处于平衡状态的充分和必要条件是: 两力大小相等、方向相反, 且作用在同一直线上 (图 1-9a), 即

$$F_1 = F_2$$

这个公理总结了作用于刚体上最简单的力系 (两个力以上的一组力) 平衡所必须满足的条件。这个条件对刚体来说, 既必要又充分。但对非刚体来说, 这个条件是不充分的。例如对柔性约束, 受两个等值、反向的拉力作用时可以平衡, 而受两个等值、反向的压力作用时就不能平衡。

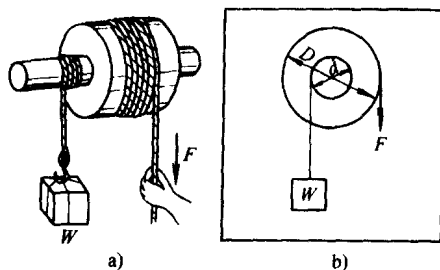


图 1-8 柔性约束

a) 结构 b) 符号

若刚体受两个力作用处于平衡状态,则这两个力的方向必在两力作用点的连线上,此刚体称为二力体,如果刚体是杆件,也称二力杆(图 1-9b)。

2. 加减平衡力系公理

在任意一个已知力系上,可随意加上或减去一平衡力系,这不会改变原力系对物体的作用效应。

这一公理对研究力系简化问题十分重要。实际上,前述力的可传性是这一公理的推理。如图 1-10 所示,图 a 为原力系,图 b 在原力系上加了一个 $F_1=F_2$ 的平衡力系,设 $F=F_1$,显然 F 与 F_2 也构成一平衡力系,可以减去,于是变为图 c 情况,力在刚体上成功地实现了滑移。

3. 平行四边形公理

作用在物体上同一点的两个力,可以合成为一个力,其作用线通过该点,合力的大小和方向由以已知两力为边的平行四边形的对角线表示,这称为力的平行四边形公理或称平行四边形法则。如图 1-11 所示,作用在物体 O 点上的两已知力 F_1 、 F_2 的合力为 F ,力的合成法则可写成矢量式

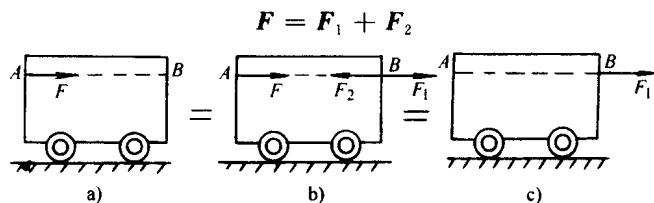


图 1-10 力的可传性证明

4. 作用力与反作用力公理

即牛顿第三定律。两个物体之间的作用力和反作用力,总是大小相等、方向相反、作用线相同,但分别作用在两个物体上。例如车刀在工件上切削,车刀作用在工件上的切削力为 F_p ,与此同时,工件必有一反作用力 F'_p 作用在车刀上,如图 1-12 所示,此两个力 F_p 、 F'_p 总是等值、反向、共线的。

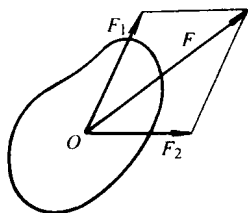


图 1-11 力的合成法则

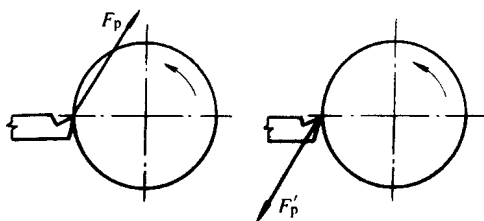


图 1-12 作用力与反作用力

必须注意,由于作用力与反作用力作用在两个物体上,因此不能说成是一对平衡力。

三、受力图

在求解力学问题时,必须根据已知条件和待求量,从与问题有关的许多物体中,选择确

定一物体（或几个物体的组合）作为研究对象，对它进行受力分析。为了清楚地表示所研究物体的受力情况，需将研究对象从周围的物体中分离出来（即解除约束），单独画出。这种被分离出来的物体称为分离体。画有分离体及其全部主动力和约束反力的简图称为受力图。下面举例说明受力图的画法。

例 1-1 用力拉动碾子以压平路面，碾子受到一障碍物的阻碍，如图 1-13a 所示，如不计接触处的摩擦，试画出碾子的受力图。

解 1) 取碾子为研究对象，并画出分离体图。

2) 画出主动力。有重力 F_p 和杆对碾子的拉力 F 。

3) 画出约束反力。碾子在 A 处受到 F_{NA} 的作用，在 B 处受到 F_{NB} 的作用，它们都沿着碾子上接触点的公法线而指向圆心 O 。

碾子的受力图如图 1-13b 所示。

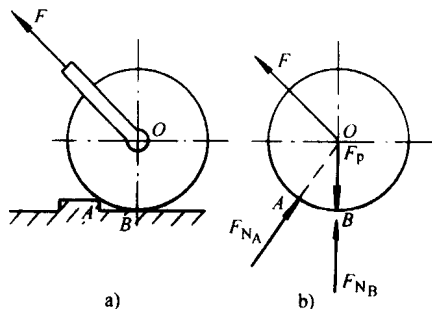


图 1-13 碾子的受力图

a) 工作示意图 b) 受力图

例 1-2 水平梁 AB 的 A 端为固定铰链支座， B 端为可动铰链支座，梁中点 C 受主动力 F_p 作用，如图 1-14 所示。不计梁的自重，试画出梁的受力图。

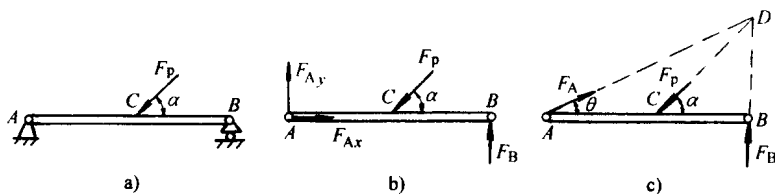


图 1-14 梁的受力图

解 1) 取梁为研究对象，并画出分离体图。

2) 画出主动力 F_p 。

3) 画出约束反力。可动铰链支座 B 的约束反力 F_B 通过铰链中心，垂直于支承面；固定铰链支座 A 的约束反力方向未知，用水平分力 F_{Ax} 和垂直分力 F_{Ay} 来表示，如图 1-14b 所示（本例中梁 A 端的约束反力亦可用三力平衡汇交定理来确定，如图 1-14c 所示，梁平衡时，已知主动力 F_p 、约束反力 F_B 与未知力 F_A 必汇交于一点 D ，由此可确定其大小与方向）。

例 1-3 图 1-15a 所示为一压榨机机构的简图， ABC 为杠杆， CD 为连杆， D 为滑块。在杠杆的端部加一力 F_p ，不计各构件的自重和接触处的摩擦，试分别画出杠杆、连杆和滑块的受力图。

解 1) 取连杆 CD 为研究对象。在 C 处它受到铰链 C 的约束反力 F_{s1} 的作用，在 D 处它受到铰链 D 的约束反力 F_{s2} 的作用，因不计自重及摩擦，故 CD 杆为二力杆。因此 F_{s1} 和 F_{s2} 必沿 C 和

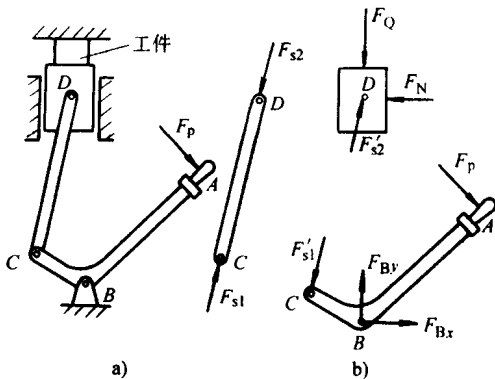


图 1-15 压榨机受力图

a) 工作示意图 b) 受力图

D 的连线, 且等值、反向, F_{s1} 和 F_{s2} 的指向由经验判断为压力。当所受力指向不明时, 可先假设一方向。

2) 取杠杆 ABC 为研究对象。它受到主动力 F_p 的作用, 在铰链 C 处受到二力杆 CD 给它的约束力 F'_{s1} 的作用, 在铰链 B 处受到固定铰链支座给它的约束反力 F_{Bx} 和 F_{By} 的作用(约束反力 F_B 也可根据三力汇交定理确定而只画出一力 F_B)。这里 F'_{s1} 与 F_{s1} 为作用力与反作用力, 可以确定。

3) 取滑块 D 为研究对象。在铰链 D 处, 它受到二力杆 CD 给它的约束反力 F'_{s2} 的作用, 在与工件的压紧面上, 受到工件给它的反力 F_Q 的作用, 由 F'_{s2} 的方向可知, 滑块 D 还将与导轨的右侧接触, 所以还受到约束反力 F_N 的作用, 其方向向左。

连杆 CD 、杠杆 ABC 、滑块 D 的受力图如图 1-15b 所示。

例 1-4 如图 1-16 所示为油压夹具。液压缸中的油压力 F_p 通过活塞杆 AD 、连杆 AB 使杠杆 BOC 压紧工件。其中 A 和 B 为铰接, O 处为固定铰链支承, C 和 E 处为光滑接触。不计各构件自重, 试分别画出活塞杆 AD 、连杆 AB 、滚轮 R (连同销钉 A)、杠杆 BOC 以及它们组成的物系的受力图。

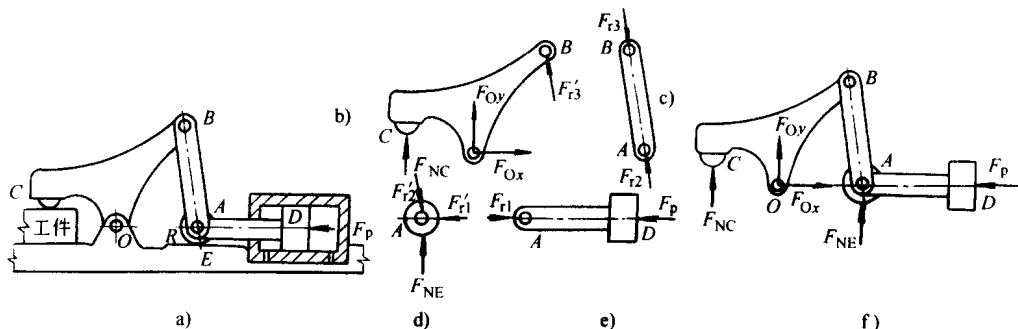


图 1-16 油压夹具受力图

a) 工作示意图 b) 杠杆受力图 c) 连杆受力图 d) 滚轮受力图
e) 活塞杆受力图 f) 物系受力图

解 1) 取活塞杆 AD 为研究对象。它的 D 端受到油压力 F_p 的作用, A 端受到铰链 A 的约束反力 F_{r1} 的作用。因不计自重, 故活塞杆为二力杆。因此力 F_{r1} 与 F_p 等值、反向、共线, 如图 1-16e 所示。

2) 取连杆为研究对象。它的两端分别受到销钉 A 与 B 的约束反力 F_{r2} 和 F_{r3} 的作用, 因不计自重, 故连杆也是二力杆。根据光滑铰链的性质, 反力 F_{r2} 和 F_{r3} 必沿铰链 A 和 B 的中心连线, 且等值、反向、共线, 如图 1-16c 所示。

3) 取滚轮 R (连同销钉 A) 为研究对象。它受到活塞杆的推力 F'_{r1} 及连杆与支承面的约束反力 F'_{r2} 和 F_{NE} 的作用, 如图 1-16d 所示。

4) 取杠杆 BOC 为研究对象。在 B 处它受到连杆的推力 F'_{r3} 的作用, 在 C 处受到工件的法向反力 F_{NC} 的作用, 在 O 处受到固定铰链支承的约束反力 F_{Ox} 和 F_{Oy} 的作用, 如图 1-16b 所示。

5) 取活塞杆、连杆、滚轮和杠杆组成的物系为研究对象。铰链 A 处的力 F_{r1} 与 F'_{r1} , F_{r2} 与 F'_{r2} , 及铰链 B 处的 F_{r3} 、 F'_{r3} 均为作用力与反作用力。这些力成对地出现在物系内部。这种物系内各物体间的相互作用力称为内力。对物系来说, 内力为一平衡力系, 其作用效果为零, 所