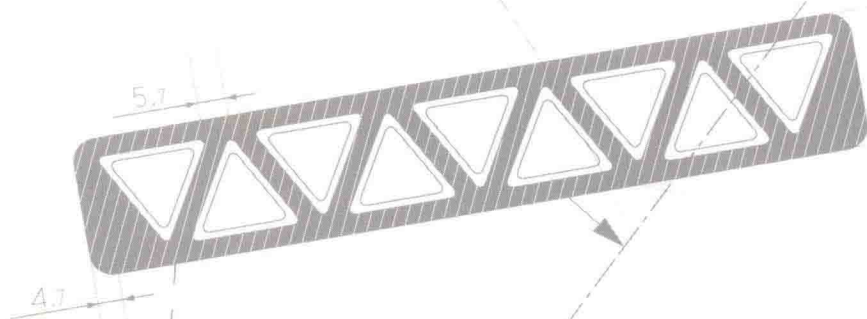


机械基础

◎ 卢金辉 编



中国商务出版社
CHINA COMMERCE AND TRADE PRESS

机械基础

卢金辉 编

图书在版编目 (CIP) 数据

机械基础 / 卢金辉编. -- 北京: 中国商务出版社,
2018.1
ISBN 978-7-5103-2289-1

I. ①机… II. ①卢… III. ①机械学 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 025994 号

机械基础 JIXIE JICHU

卢金辉 编

出 版: 中国商务出版社
地 址: 北京市东城区安定门外大街东后巷 28 号 邮编: 100710
责任部门: 职业教育事业部 (010-64218072 295402859@qq.com)
责任编辑: 周青

总 发 行: 中国商务出版社发行部 (010-64208388 64515150)
网 址: <http://www.cctpress.com>
邮 箱: cctp@cctpress.com

排 版: 皓月
印 刷: 北京虎彩文化传播有限公司
开 本: 710 毫米 × 1000 毫米 1/16
印 张: 17.25 字 数: 309 千字
版 次: 2018 年 4 月第 1 版 印 次: 2018 年 4 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-5103-2289-1
定 价: 48.00 元

凡所购本版图书有印装质量问题, 请与本社总编室联系。 (电话: 010-64212247)



版权所有 盗版必究 (盗版侵权举报可发邮件到本社邮箱: cctp@cctpress.com)

石家庄市藁城区职业技术教育中心

河北省中等职业教育质量提升工程项目学校建设精品课程系列教材

编写委员会

主 任 马京斌
委 员 柴全喜 高瑞礼 张新军 谢国军
胡文华 剧志忠 崔振奇
尤国霞 神州数码网络（北京）有限公司
郭庆军 河北慧网科技有限公司
杨卫强 石家庄通安机械有限公司
总主编 马京斌 柴全喜

《机械基础》编写人员

主 编 卢金辉
副主编 胡文华 柴茂田
参 编 董 静 崔志强 张艳丛 李军峰
许敬芳 王 静 李云霞
杨卫强 石家庄通安机械有限公司
杨永清 河北中农博远农机装备公司

前 言

随着现代制造业的产品不断升级换代，中等职业教育的培养目标在向技术技能型复合人才培养的方向发展，作为机械类专业基础课程的《机械基础》课程的教材也必须不断创新。多年来，编者在课程改革和教材创新方面进行了不懈的探索和实践，同时吸收了中等职业学校《机械基础》课程改革的成果和经验，力图使本书成为具有较大改革力度的教材，并体现如下特色。

1. 改革传统教材的编写体例，在尊重科学性教学规律的前提下，以任务驱动、项目化教学的编写形式体现职业教育的特点。按照从实践出发，发现问题、总结规律、归属理论、指导实践的思路组织内容，力求更符合职业教育教学规律。

2. 内容以应用为核心，紧密联系生活、专业和企业生产实践，简化原理阐述，剔除无实用价值的陈旧内容和繁冗计算，适当降低理论难度，以实用够用为度，具有典型性、真实性，体现了教学过程同生产过程对接，理论与实践一体化，力求做到学以致用。

3. 图标精美，可读性强。本书选用大量与教学内容相结合的图表，并配置了一些相对应的计算机绘制立体渲染图，生动、直观、便于教学。

本书由河北省石家庄市藁城区职业技术教育中心卢金辉任主编，胡文华、柴茂田任副主编，参加编写的有董静、崔志强、张艳丛、李军峰、许敬芳、王静、李云霞。

由于编者水平有限，错误与不当之处在所难免，敬请各位教师 and 广大读者批评指正。

编 者

2017年9月

目 录

项目一 静力学基本知识	1
任务1 力的基本性质	1
任务2 掌握合力矩定理并能够进行相关的计算	9
任务3 平衡方程及其应用	14
项目二 杆件的基本变形	19
任务1 拉伸与压缩	19
任务2 剪切和挤压	29
任务3 圆轴扭转	35
任务4 直梁弯曲	42
项目三 机械零件的材料	52
任务1 金属的结构与结晶	52
任务2 金属材料的性能	60
任务3 铁碳合金的基本组织	72
任务4 铁碳合金相图	76
任务5 钢的热处理	80
任务6 钢铁材料	91
项目四 机械零件	109
任务1 轴	109
任务2 轴承	117
任务3 键连接	126
任务4 螺纹连接	131
任务5 联轴器、离合器、制动器	140

任务6 机械的密封与润滑	147
项目五 常用机构	154
任务1 机器与机构	154
任务2 平面连杆机构	159
任务3 凸轮机构	173
任务4 间歇运动机构	182
项目六 机械传动	189
任务1 带传动	189
任务2 链传动	202
任务3 齿轮传动	207
任务4 蜗杆传动	225
任务5 轮系	232
项目七 液压传动	239
任务1 液压传动概述	239
任务2 液压基本元件	246
任务3 液压传动系统	263

项目一 静力学基本知识

任务1 力的基本性质

任务目标

1. 掌握力的三要素
2. 识记静力学基本公理
3. 理解并掌握约束反力的画法
4. 能够进行物体的受力分析
5. 能够画出构件的受力图

任务内容

一、力的定义

力的概念：力是使物体的运动状态发生变化或使物体产生变形的物体间的相互的机械作用。

力不可能脱离物体而独立存在，一个物体受到力的作用，一定有其他物体对它施加力的作用。例如物体相互吸引的万有引力，相互接触物体之间的挤压力，以及相互接触且具有相对运动或运动趋势的物体间的摩擦力等。力的作用取决于三个要素：力的大小、力的方向、力的作用点，它们称为力的三要素。

力的图示：力是一个既有大小又有方向的矢量。如图 1-1 所示，力矢量用带箭头的有向线段 AB 来表示。线段的长度表示力的大小，箭头的方向表示力的方向，线段的起点或终点表示力的作用点。力矢量常用字母 F 表示，在国际单位制中力的单位为 N （牛）或 kN （千牛）。



图 1-1 力的图示

二、静力学的基本公理

静力学的基本公理是静力学的基础，是符合客观实际的普遍规律，是人们长期生活和实践积累的经验总结。

公理 1（二力平衡公理）：

作用在刚体上的两个力，使刚体处于平衡状态的必要与充分条件是：两力大小相等，方向相反且作用在同一条直线上，如图 1-2 所示。

平衡状态：物体静止，做匀速直线运动。

一对平衡力的特点：大小相等，方向相反，作用在同一条直线上，作用在同一个物体上。

公理 2（力的平行四边形公理）：

作用在物体上同点的两个力，可以合成为一个合力，合力的作用点仍在该点，合力的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表示。

合力：如果一个力的作用效果与其他几个力的作用效果相同，那么这个力叫做其它几个力的合力，另外几个力叫作这个力的分力。

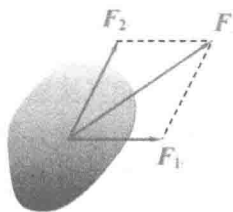


图 1-2

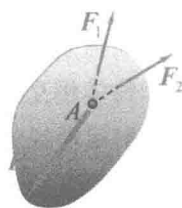


图 1-3

推论：三力平衡汇交定理

当刚体受三个力作用而处于平衡时，若其中两个力的作用线汇交于一点，则第三个力的作用线必交于同一点，且三个力的作用线在同一平面内。

两个力的合力与第三个力大小相等，方向相反，在同一条直线上，如图 1-3

所示。

公理 3（作用与反作用公理）：

作用力与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。如图 1-4 所示。

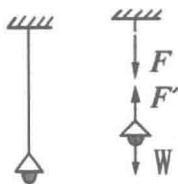


图 1-4

对作用力与反作用力的理解

（1）作用力与反作用力总是同时产生，同时消失，同时改变，分别作用在两个不同的物体上。

（2）作用力与反作用力是一对性质相同的力。

（3）作用力与反作用力的大小和方向与物体的运动状态无关。

作用力与反作用力与一对平衡力的区别：

一对作用力和反作用力	一对平衡力
一定是同种性质的力	力的性质不一定相同
分别作用在两个不同的物体上	作用在同一个物体上，作用效果能相互抵消
一定同时产生，同时消失，同时变化	不一定同时产生，同时消失

三、约束与约束反力

1. 约束与约束反力

空间不受位移限制的物体称为自由体，如：热气球飞机、炮弹等。而有些物体在空间的位移受到一定的限制，称它们为非自由体，如：火车只能在铁轨上运行，吊起重物受钢索的限制不能下落。把对非自由体的某些位移起限制作用的物体称为约束。约束是限制物体的运动，且这种限制是通过力的作用来实现的。因此，约束对物体的作用实际上就是力，这种力叫作约束反力，简称反力。约束反力的方向与约束对物体限制其运动趋势的方向相反。约束反力的作用点即是约束与物体之间的相互作用点。在物体平衡系中，约束反力总是未知的，往往需要

和物体受到的其他已知力组成平衡力系,通过平衡条件求得其大小和方向。约束反力以外的力(如重力,切削力)称为主动力。物体所受主动力往往是给定的或者是可测定的。

2. 常见的约束类型

(1) 光滑接触表面约束

两物体相互接触,接触表面非常光滑,摩擦可忽略不计,即属于光滑接触表面约束。这类约束不能限制物体沿约束表面切线的位移,只能阻碍物体沿表面法线并约束内部位移。因此,光滑接触对物体的约束反力作用在接触点,方向沿接触表面的公法线指向受力物体。这类约束反力称为法向反力,用 F_N 表示,如图 1-5 所示 F_{NA}, F_{NB} 为约束反力。

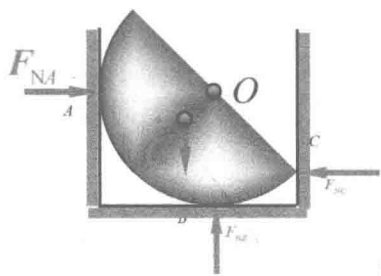


图 1-5

(2) 柔性约束

由柔软的绳索、链条或带等构成的约束称为柔性约束。如图 1-6 所示的绳索只受拉力,它给物体的约束力只能是拉力。因此,线索对物体法人约束反力作用在接触点,方向沿绳索背离物体。链条或带的约束反力如图 1-7 所示

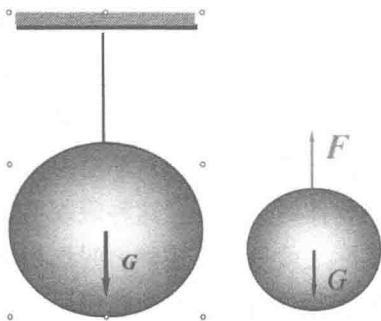


图 1-6

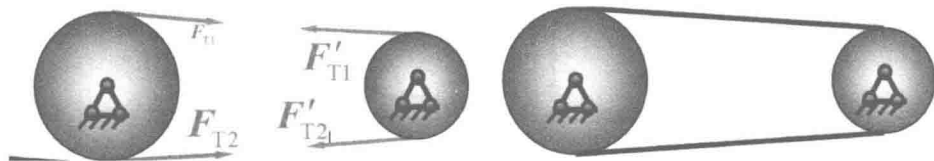
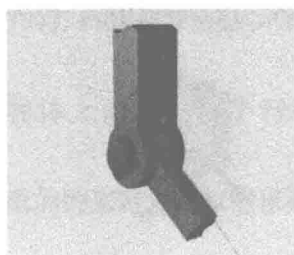


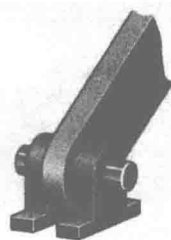
图 1-7

(3) 光滑的铰链约束

由铰链构成的约束称为铰链约束，如图 1-8 (a)。如果铰链约束中两个构件有一个固定在地面或机架上称为固定铰链支座，简称固定铰支，如图 1-8 (b) 所示。铰链约束中两个构件与地面或机架的连接可称为活动铰链支座，简称活动铰链支，如图 1-9 (a) 所示。工程简图如图 1-9 (b) (c) (d) 所示。

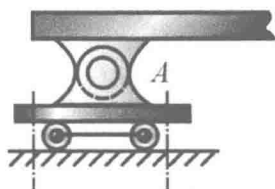


(a)

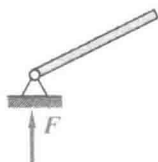


(b)

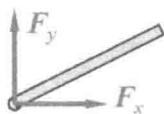
图 1-8



(a)



(b)



(c)



(d)

图 1-9

(4) 固定端约束

一个杆件的一端完全固定，既不能转动，也不能移动，这种约束力称为固定端约束，如图 1-10 (a) 所示。当杠杆的右端受到载荷的作用力 F 后，在左端固定约束产生限制转动的约束反力矩为 M_A ，方向是暂时设定的；限制移动的约束力为 F_{Ay} 、 F_{By} ，如图 1-10 (b) 所示。

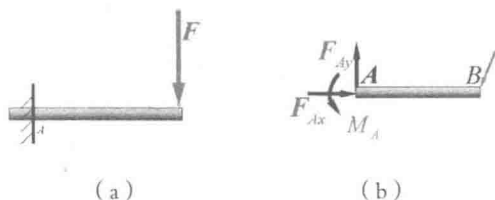


图 1-10

四、物体受力和受力图

在工程实际中,受力分析是指研究某个受到的力,分析这些力对物体的作用情况,即研究各个力的作用位置、大小和方向。为了清晰地表示物体的受力情况,常需要把研究的物体从周围物体中分离出来,然后把其他物体对研究对象的全部作用力用简图形式画出来。这种表示物体受力的简明图形,称为受力图。

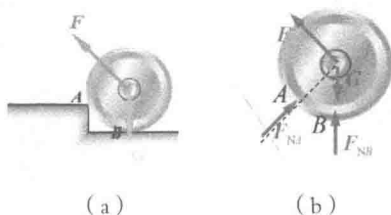


图 1-11

例 1-1 碾子重为 G , 拉力为 F , A 、 B 处光滑接触, 如图 1-11 (a), 画出碾子的受力图。

解: (1) 取碾子为研究对象, 画出其分离体图 1-11 (b)。

(2) 分析并画出主动力, 重力 G 和拉力 F 。

(3) 分析并画出约束力 F_{NA} 和 F_{NB} 。

例 1-2, 杆 AB 重为 G , 如图 1-12 (a), 画出 AB 杆的受力图。

解: 先分析受力, 然后画出受力图 1-12 (b)

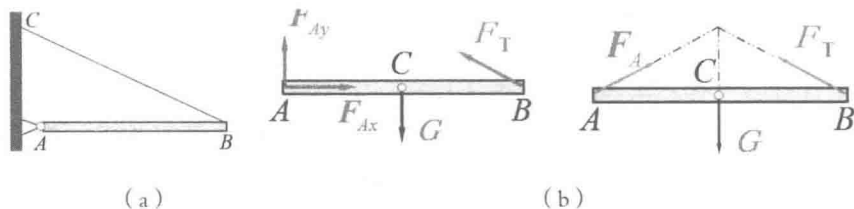


图 1-12

任务测评

一、填空题

1. 力是物体间的 _____ 作用。
2. 力的三要素是 _____、_____、_____。
3. 力是一个既有 _____ 又有 _____ 的矢量。
4. 约束限制物体的 _____，且这种限制是通过 _____ 来实现的。
5. 光滑接触面接触不能限制物体沿 _____ 的位移，只能阻碍物体沿 _____ 的位移。
6. 力的作用是使物体的 _____ 或 _____ 发生变化的原因。
7. 一对作用力与反作用力大小相等、方向相反、共线，但分别作用在 _____。
8. 动摩擦力的方向总是与接触物体间的 _____ 方向相反，大小与正压力成正比。
9. 作用在物体上的力可以平行移动到物体的另一点，但应附加一个 _____。
10. 柔性约束的约束特点是只能承受 _____，不能承受 _____。

二、判断

1. 作用力与反作用力总是同时存在，其大小相等，方向相反，沿同一直线，作用于同一物体。()
2. 作用在二力杆上的两个力大小相等，方向相反，作用线与二力杆轴线重合。()
3. 物体放在不光滑的水平地面上，一定会受到摩擦力的作用。()
4. 作用在刚体上的力，其作用线可在刚体上任意平行移动，其作用效果不变。()
5. 光滑面约束不仅能阻止被约束物体沿光滑支承面运动，还能阻止被约束物体沿接触面公法线方向的运动。
6. 固定铰链、固定端的约束反力完全一样，只用一对正交分力来表示。()
7. 二力平衡的条件是：二力等值、反向、作用在同一物体上。()

三、选择题

1. 力是物体之间相互的()。
- A. 冲击 B. 振动 C. 机械作用 D. 相对运动

2. 力是()。
- A. 度量 B. 矢量 C. 标量 D. 数量
3. 作用力与反作用力()。
- A. 是平衡的 B. 有时是平衡的
C. 是不能平衡的 D. 以上说法都不对
4. 约束反力的方向不能直接确定的有()。
- A. 光滑接触表面的约束 B. 柔性约束
C. 光滑活动铰链约束 D. 固定端约束
5. 作用力与反作用力()。
- A. 合力等于零 B. 可以是不同性质的力 C. 同时产生, 同时消失
D. 只有两个物体相对静止时, 它们之间的作用力与反作用力的大小才相等。
6. 人走路时, 鞋底对地面的摩擦力的方向是()。
- A. 向前 B. 向后 C. 向上 D. 向下
7. 下列描述正确的是()。
- A. 力是一个标量
B. 作用在同一构件上的两个大小相等, 方向相反的力是作用力与反作用力
C. 铰链约束一定为固定铰支
D. 约束反力的作用点即是约束与物体之间的相互作用点
8. 合力与分力的关系是()。
- A. 合力一定大于分力 B. 合力一定小于分力
C. 合力一定等于分力 D. 根据具体情况决定
9. 下列描述有误的是()。
- A. 力是矢量
B. 力是物体间的相互机械作用
C. 约束力与约束反力不是一对平衡力
D. 作用点相同的若干个力, 可以用加减法求合力。
10. 两相互接触的物体相对静止时, 物体间的静摩擦力一定为()。
- A. 零 B. 最大静摩擦力 C. 大于等于零, 小于等于最大静摩擦力
D. 小于施加在物体上使之产生相对运动趋势的力
11. 刚体受三个力作用而处于平衡状态, 则此三力的作用线()。
- A. 必汇交于一点 B. 必互相平 C. 必都为零 D. 必位于同一平面内

四、简答题

简述二力平衡公理及作用与反作用公理，并说明如何区分平衡力、作用力与反作用力。

任务2 掌握合力矩定理并能够进行相关的计算

任务目标

1. 能够区分力偶和力矩
2. 掌握合力矩定理并能够进行受力分析
3. 会计算力矩和力偶矩
4. 理解力的平移定理并进行应用

任务内容

一、力矩

用扳手拧螺母，螺母绕轴转动，为了度量力使物体转动的效应，力学中引进了力对点的

矩，简称力矩。力矩是力对一点的矩，等于该点到力作用线上一点矢径与该力的矢量积，记作 $M_O(F) = FL$ 。如图 1-13 所示，扳手对螺母轴心线的矩为 $r \cdot F$ ， F 为扳手上作用的力，方向垂直于固定轴平面， r 为 F 到轴心线 O 的垂直距离。显然，力 F 使扳手绕点 O 的转动方向不同，作用效果也就不同。其转动效果。完全由下面两个因素决定：

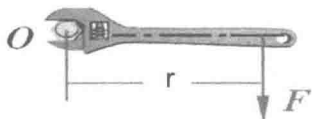


图 1-13

- (1) 力矩的大小与力臂的乘积；
- (2) 力使物体绕 O 点的转动方向。

力臂：转动中心到力的作用线的垂直距离。

这两个因素可用一代数量来表示： $\pm r \cdot F$ 。力对点之矩的正负通常规定：力使物体绕矩心逆时针为正，顺时针为负。

力矩在下列两种情况下等于零：

① 力等于零。② 力的作用线通过矩心，即力臂等于零。

在国际单位中，以牛顿米（简称牛·米）为力矩的单位，记作 $N \cdot m$ 。

二、合力矩定理

定理：平面汇交力系的合力对平面内任一点的力矩等于各分力对于该点力矩的代数和。

数学表达式为：

$$M_O(F_R) = M_O(F_1) + M_O(F_2) + \cdots + M_O(F_n)$$

例 1：如图 1-14，已知 F_n 、 a 、 r ，求力 F_n 对于轮心 O 的力矩。

$$M_O(F_n) = F_n d = F_n r \cos \alpha$$

解：（1）直接计算

（2）利用力矩定理计算

$$\begin{aligned} M_O(F_n) &= M_O(F_t) + M_O(F_r) \\ &= M_O(F_n) \\ &= F_n r \cos \alpha \end{aligned}$$

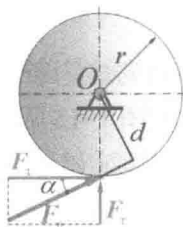


图 1-14

三、力偶和力偶矩，力偶记作 (F, F')

在实际生活中常见的汽车司机用双手转动方向盘，钳工用手动铰刀铰孔等。以司机转动方向盘为例，只转动的实质是手对方向盘施加了一对力，且两个力不共线（图 1-15），使得物体改变运动状态而不能相互平衡，这种有两个大小相等方向相反的平行力组成的两力，称为力偶，记作 (F, F') 。力偶的两个力之间的垂直距离 d 称为力偶臂。显然力偶不能合成一个力，也不能用一个力量来平衡，或者用一个力来等效替换。力偶可以使物体转动或改变物体的转动的状态。