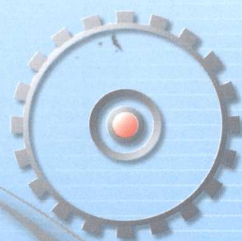




中等职业教育机械类规划教材

机械基础

崔国利 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业教育机械类规划教材

机械基础

主 编	崔国利				
副主编	范梅梅				
参 编	王大山	刘 平	侯 敏		
周 文	刘志芳	管 宏			
主 审	任级三				



机械工业出版社

本书根据教育部制定的《中等职业教育机械基础课程教学要求》，本着“新、浅、薄、实用”的原则，结合多所学校多年教学经验，并在广泛征求机械类专业用人单位建议的基础上编写而成。

全书共分 18 章，内容包括工程力学、公差与配合、机械工程材料、机械传动、常用机构及液压传动的基础知识，并设计专项实践训练环节，以增强读者的动手能力。本书配有相应的电子课件，由机械工业出版社另行发行，可使教学更加直观、形象、生动。

本书主要适用于作为中等职业学校机械及其相关专业的教材，也可供从事机械设计与制造相关工作的技术人员作为参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械基础/崔国利主编. —北京: 机械工业出版社,
2009. 2

中等职业教育机械类规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 26102 - 5

I. 机… II. 崔… III. 机械学 - 专业学校 - 教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 010398 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 崔占军 责任编辑: 王佳玮

版式设计: 霍永明 责任校对: 张莉娟

封面设计: 姚毅 责任印制: 邓博

北京京丰印刷厂印刷

2009 年 2 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 12.5 印张 · 303 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 26102 - 5

定价: 21.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379182

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部制定的《中等职业教育机械基础课程教学要求》，结合多所学校多年教学经验，在广泛征求机械类专业用人单位建议的基础上编写而成的，主要适用于机械类及其相关专业的教学，参考学时数为 90~110 学时。

本书的主要特点是：

(1) 教材体系新。本书编写本着“新、浅、薄、实用”的原则，删除传统教材中复杂的运算过程，增加了实践教学内容（如减速器拆装），对结构复杂的设备及零部件配备了教学软件（如齿轮、轴承、液压泵及液压控制阀等），教师可利用信息化教学手段授课，学生易学易懂。

(2) 针对性强。本书针对机械类专业的培养目标、岗位要求（包括知识结构与能力结构）的基本要求及用人单位的意见拟定编写大纲，专业针对性强，突出技术应用。

(3) 采用最新的国家标准。

参加本书编写的有崔国利（第 5、6、11 章）、王大山（第 1、2、3 章）、刘平（第 4、15 章）、侯敏（第 7、8 章）、范梅梅（第 9、10 章）、周文（第 12 章）、刘志芳（第 13、14 章）、管宏（第 16、17、18 章）。全书由崔国利任主编，范梅梅任副主编。

本书由任级三教授审阅，他仔细审阅了全部文稿和图稿，提出了许多宝贵意见和建议，对提高本书的质量帮助很大，在此表示衷心的感谢。

本书配有单独发行的电子课件，如读者在使用过程中有需要，可与本书责任编辑联系。由于编者水平有限，书中难免会有错误和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 力学基础知识	1
1.1 力	1
1.2 约束和约束力	3
1.3 受力分析和受力图	4
1.4 力矩	6
1.5 功率、转矩和机械效率	8
练习题	9
第2章 拉伸与压缩	12
2.1 内力与截面法	12
2.2 拉伸或压缩时的应力分析	14
2.3 拉伸或压缩时的强度计算	15
练习题	16
第3章 剪切与挤压	17
3.1 基本概念	17
3.2 剪切实用计算	17
3.3 挤压实用计算	18
练习题	19
第4章 扭转	20
4.1 转矩的计算	20
4.2 圆轴扭转时的应力	22
4.3 圆轴扭转时的强度和刚度计算	23
练习题	25
第5章 极限与配合	26
5.1 基本术语及定义	26
5.2 极限与配合国家标准	32
5.3 极限与配合国家标准的应用	41
练习题	44
第6章 形状和位置公差	46
6.1 形位公差的基本概念	46
6.2 形状公差及公差带	51
6.3 位置公差及公差带	54
6.4 形位公差的选用	59
6.5 表面粗糙度	61
练习题	66
第7章 钢铁材料	68
7.1 金属材料的力学性能	68
7.2 铁碳合金基础知识	69
7.3 钢的热处理	70
7.4 工业常用钢的分类、牌号和应用	72
7.5 工业常用铸铁的分类、牌号和应用	74
练习题	75
第8章 非铁金属及非金属材料	76
8.1 非铁金属	76
8.2 非金属材料	77
练习题	78
第9章 螺纹联接和螺旋传动	79
9.1 螺纹的类型与应用	79
9.2 螺纹联接	81
9.3 螺旋传动	84
练习题	85
第10章 带传动和链传动	86
10.1 带传动	86
10.2 链传动	91
练习题	93
第11章 齿轮传动	95
11.1 齿轮传动的特点及类型	95
11.2 渐开线的形成及特点	95
11.3 直齿圆柱齿轮的主要参数和 基本尺寸计算	96
11.4 标准直齿圆柱齿轮传动	98
11.5 根切现象与最少齿数	100
11.6 斜齿圆柱齿轮传动	100
11.7 直齿锥齿轮传动	102
11.8 齿轮的结构设计	104
11.9 齿轮的失效形式及常用材料	106
11.10 蜗杆传动	108
11.11 齿轮传动的润滑和维护	113
练习题	114
第12章 齿轮系与减速器	116
12.1 齿轮系及其类型	116
12.2 定轴齿轮系传动比的计算	117
12.3 减速器	119

练习题	122	第 16 章 液压传动的基础知识	160
第 13 章 常用机构	123	16.1 液压传动概述	160
13.1 平面连杆机构	123	16.2 液压传动的基础知识	161
13.2 凸轮机构	131	16.3 液压传动用油	163
13.3 间歇运动机构	134	练习题	163
练习题	136	第 17 章 液压元件	164
第 14 章 轴、联轴器和离合器	138	17.1 动力元件	164
14.1 轴	138	17.2 执行元件	168
14.2 键联接	141	17.3 控制元件	170
14.3 联轴器与离合器	144	17.4 辅助元件	179
练习题	147	练习题	181
第 15 章 轴承	148	第 18 章 液压回路和液压系统	183
15.1 滑动轴承	148	18.1 液压基本回路的工作原理	183
15.2 滚动轴承	150	18.2 液压系统实例	188
15.3 滚动轴承类型的选择和失效形式	155	练习题	190
15.4 滚动轴承的安装、润滑与密封	156	参考文献	191
练习题	159		

第 1 章 力学基础知识

1.1 力

1.1.1 力的概念

人们在生产与生活实践中，随时都能感受到力的存在。当人推车时，可使车子由静止转为运动，同时推车人还能感受到车子对他的手有抵抗性作用。由此可见，力是物体间的相互作用，力的作用效果是使物体的运动状态或形状发生改变。

力对物体的作用效果完全取决于三个要素，即：力的大小、力的方向、力的作用点。三个要素中任何一个改变时，力对物体的作用效果也随之改变（图 1-1）。

力的法定单位是牛顿，符号为 N，有时也用千牛作单位，符号为 kN。

力是具有大小和方向的量，所以是矢量。力的三要素可用带箭头的有向线段（矢线）表示（图 1-2），有向线段的长度表示力的大小，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。

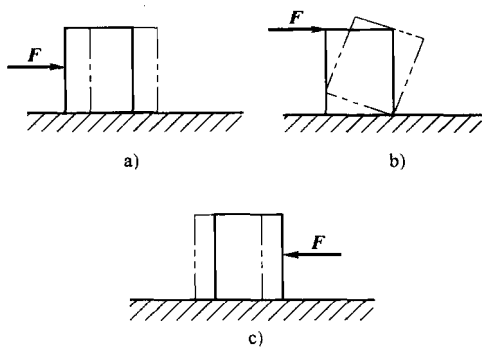


图 1-1

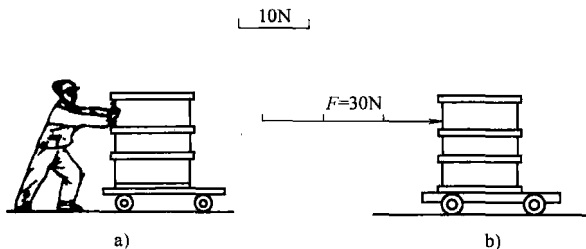


图 1-2

1.1.2 力的合成与分解

两人共提一桶水（图 1-3a），桶受到 F_1 与 F_2 两个力的作用，若改由一个人提时，则可用一个力 R 代替 F_1 与 F_2 ，其效果相同， R 就是 F_1 和 F_2 的合力。对于方向成一定角度的两个力，其合力的大小不能在数量上直接相加，而要运用平行四边形法则进行力的合成。

如图 1-3b 所示， F_1 、 F_2 为作用于 O 点的两个力，以这两个力为邻边作平行四边形 $OABC$ ，则从 O 点出发的对角线 OB ，就是 F_1 与 F_2 的合力 R 。力的平行四边形法则是：作用在物体上同一点的两个力，可合成为一个合力，合力的作用点也在该点，合力的大小和方向由以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。如图 1-3c 所示，只要将矢线 F_1 与 F_2 首尾相接，再用直线 OB 将其封闭成一个三角形，则矢线 OB 就代表合力 R 。这种求合

力的方法称为力的三角形法则。

由此可见, 平行四边形法则或三角形法则可进行力的合成, 反之, 也可解决力的分解问题。如图 1-4 所示, 圆柱齿轮的轮齿受法向力 F_n 作用, 在不计摩擦的情况下, 力 F_n 可分解为沿齿轮圆周的切向分力 (又称圆周力) F_t , 和径向分力 F_r 。

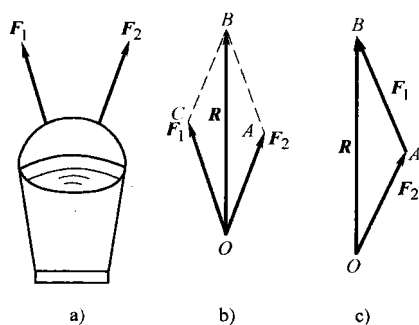


图 1-3

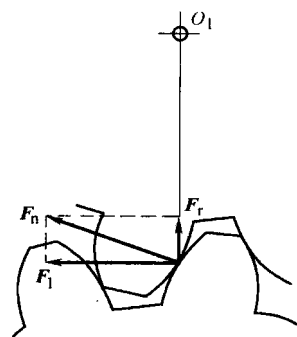


图 1-4

1.1.3 共点力的平衡

要使作用在一个物体上的两个力平衡, 其必要和充分条件是: 这两个力大小相等, 方向相反且作用在同一条直线上 (简称二力等值、反向、共线)。这个条件称为二力平衡条件。

如图 1-5a 所示, T 与 Q 反向且共线, 当 T 与 Q 等值时, 则整体处于平衡状态。单就吊钩来看 (图 1-5b), 吊钩受到 T_1 、 T_2 和 T 三个共点力的作用, T_1 、 T_2 可先用力的平行四边形法则合成为一个合力 T_{12} , 由于吊钩处于平衡状态, 由二力平衡条件可知, T_{12} 与 T 等值、反向、共线, 说明 T_1 、 T_2 和 T 三个力的合力等于零。同理, 单就重物来看 (图 1-5c), 由于重物也处于平衡状态, 所以重物所受的 T'_1 、 T'_2 与 Q 三个力的合力等于零。

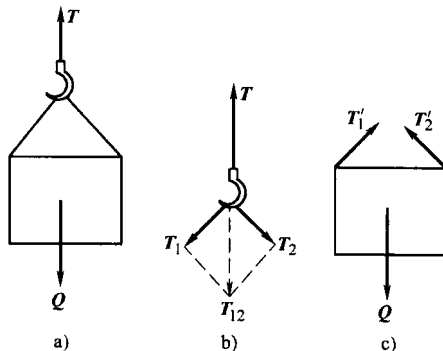


图 1-5

1.1.4 作用与反作用定律

物体间的作用是相互的, 如图 1-6 所示, 用绳索吊一重物, 重物对绳子的作用力 T 与绳子对重物的反作用力 T' 总是同时产生, 且大小相等、方向相反。作用力与反作用力总是成对出现, 并且大小相等、方向相反, 沿同一直线。必须特别注意, 作用力与反作用力是分别作用在两个物体上的, 与前面讨论的作用在同一直线上, 使物体平衡的两个力不同。

例如自重为 G 的球放在桌面上 (图 1-7a), 球对桌面有作用力 N , 桌面对球也有一个反作用力 N' , 前者作用于桌面, 后者作用于球上 (图 1-7b), 两者互为作用力与反作用力, 不能平衡。如果再分析球的受力情况 (图 1-7c), 球受重力 G 和桌面给球的反作用力 N' 的作用, 这两个力同时作用在球上, 使球处于平衡状态。

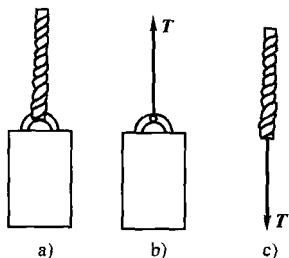


图 1-6

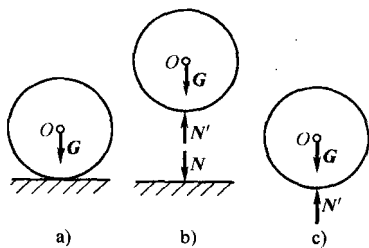


图 1-7

1.2 约束和约束力

1.2.1 约束和约束力的概念

在生产与生活中，物体总是与它周围的物体存在着联系，它的运动也总是受周围物体的限制。如悬挂着的日光灯，由于受到链条的限制而不能向下运动；车床主轴由于受到轴承的限制，只能绕自身轴线转动。因此，周围物体以一定的方式阻碍某一物体的运动时，就构成了对该物体的约束。约束作用在物体上的力称为约束作用力（简称约束力）。例如，日光灯受到链条对它的约束力作用；车床主轴受到轴承对它的约束力作用。

1.2.2 常见的约束类型

1. 柔性约束

由绳索、胶带、链条等柔性物体所构成的约束称为柔性约束。柔性物体由于自身的特点，只能承受拉力。柔性约束的约束力作用于连接点，其方向沿着约束背离受力物体。通常以 T 表示柔性约束力，如图 1-8 所示。

2. 光滑面约束

两个相互接触的物体，如果接触面上的摩擦力很小，以至可略去不计时，这种接触面所构成的约束，称为光滑面约束。由于支承面不能限制物体沿其切线方向的运动，因此，光滑面约束的约束力通过二物体的接触点，沿接触面的公法线方向指向受力物体。光滑面约束力通常用 N 表示。

图 1-9a 所示为 V 形块对工件的约束力；图 1-9b 所示为轮齿 A 受到的约束力；图 1-9c 所示为沟槽对斜放物体的约束力。它们的约束力都是通过接触点沿着接触面的公法线方向指向所研究的物体。

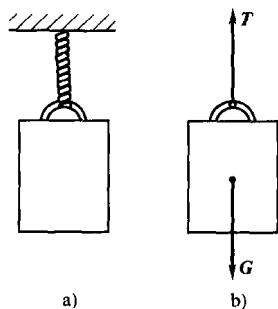


图 1-8

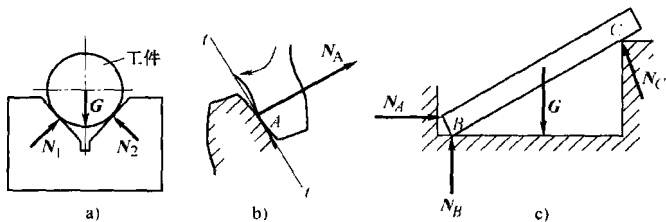


图 1-9

3. 圆柱形铰链约束

圆柱形铰链约束是由两个端部带圆柱孔的杆件用销轴联接而成的。圆柱形铰链约束分为固定铰链支座约束和活动铰链支座约束两类。

(1) 固定铰链支座约束 如图 1-10a 所示, 它是一种常用的圆柱形铰链约束, 由固定底座 1 和杆 3 用销轴 2 联接而成, 图 1-10c 所示为其简图。当杆 3 受载荷作用时, 销轴通过接触点给杆 3 的约束力 R (图 1-10b) 的作用线必通过销轴的中心。随着所受的载荷情况不同, 杆 3 与销轴接触点位置也不同。因此, 固定铰链支座的约束力方向需要根据物体所受载荷的情况来确定。在画支座约束力时, 我们常用经过铰链中心的两个相互垂直的分力 R_x 和 R_y 来表示, 如图 1-10c 所示。

(2) 活动铰链支座约束 在铰链支座下加几个圆柱形滚子, 再放置在平面上, 如图 1-11a 所示, 这种约束称为活动铰链支座约束。活动铰链支座约束与光滑面约束一样, 不能限制物体沿接触面切线方向移动, 只能限制物体沿垂直于支承面的方向移动。所以活动铰链支座约束力的作用线必定通过铰链中心, 方向垂直于支承面指向受力物体 (图 1-11b)。工程上常将桥梁、屋架等结构的一端制成固定铰链支座, 另一端制成活动铰链支座, 当环境温度变化引起桥梁或屋架伸长、缩短时, 活动铰链支座可以适应支座间距的变化。

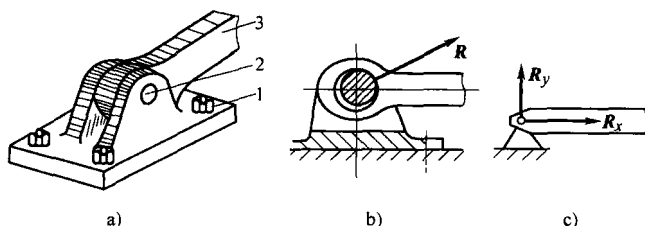


图 1-10

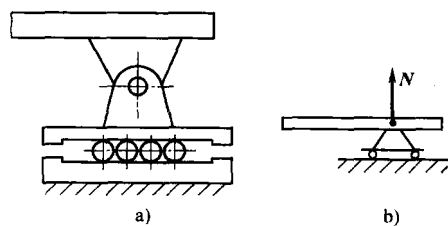


图 1-11

1.3 受力和受力图

1.3.1 基本概念

为清楚地表示物体的受力情况, 我们将被研究的物体从周围物体中分离出来, 单独画出它简单的轮廓图形, 分析它所受的全部力 (包括主动力与约束力的作用点与作用方向), 这种分析过程称为受力分析。同时, 在研究对象上画出它所受的全部力, 这样所得的图形称为受力图。

1.3.2 画受力图三个步骤

1) 确定研究对象, 把所要研究的物体从周围物体中分离出来, 画出它简单的轮廓图形。

2) 进行受力分析。首先分析作用在研究对象上的主动力 (如重力等), 然后分析周围物体对它的约束情况, 明确约束类型与约束力的表示方法。

3) 画出作用在研究对象上的全部力 (即主动力与约束力)。

下面通过例题, 进一步说明受力图的画法。

例 1-1 圆柱形工件重 G ，放在 V 形块上，如图 1-12a 所示，试画出工件的受力图。

解：(1) 取工件为研究对象，画出工件的简单轮廓图形。

(2) 受力分析。工件受重力 G (主动力)，铅垂向下，作用在工件的重心处；V 形块的两斜面对工件的约束系光滑面约束，故约束力 N_1 、 N_2 ，过接触点沿接触面的公法线方向指向工件。

(3) 画受力图。由以上分析可知，工件受 G 、 N_1 和 N_2 三个力作用，画出其受力图，如图 1-12b 所示。

例 1-2 球重为 G ，用绳吊住，靠在光滑的斜面上 (图 1-13a)，试画出工件的受力图。

解：(1) 取球为研究对象，画出它的轮廓图形。

(2) 受力分析。球受重力 G (主动力)，铅垂向下，作用在球的重心处；绳索对球的约束力 T ，沿绳索背离球 (拉力)；斜面对球的约束力 N ，垂直于斜面指向球心。

(3) 画受力图。由以上分析可知，球受 G 、 T 和 N 三个力作用，其受力图如图 1-13b 所示。

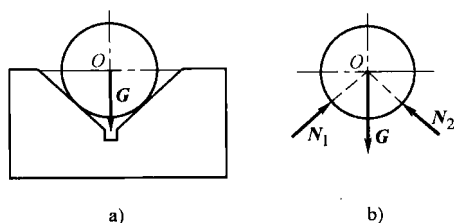


图 1-12

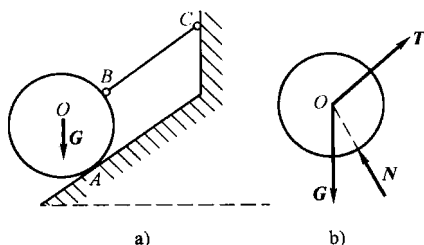


图 1-13

例 1-3 某起重装置如图 1-14a 所示，水平横梁 AB 重 G ， A 端以铰链固定， B 端用绳索 BC 拉住，起重吊车连同物重为 F ，试画出 AB 的受力图。

解：(1) 取横梁 AB 为研究对象，画出它的轮廓图形。

(2) 受力分析。横梁受到的主动力有重力 G 和载荷 F ； B 端受绳索 BC 的拉力 T ； A 端受到定铰链的约束力 R ，因其方向尚不能确定，故用一对相互垂直的分力 R_x 、 R_y 表示。

(3) 画受力图。由上分析可知，梁 AB 受到主动力 G 和 F 及约束力 T 、 R_x 和 R_y 的作用，其受力图如图 1-14b 所示。

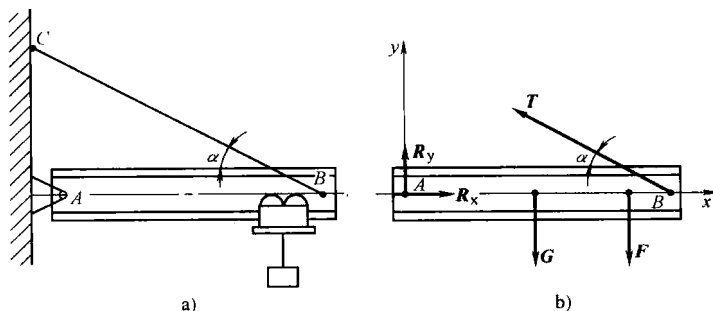


图 1-14

例 1-4 如图 1-15a 所示, 简支梁 AB 的 A 端为固定铰链支座, B 端为活动铰链支座, 在梁的 C 点受到主动力 F 的作用, 试画出梁 AB 的受力图。

解: (1) 取简支梁 AB 为研究对象, 画出其轮廓图形。

(2) 受力分析。梁 AB 受主动力 F 作用; 活动铰链支座 B 对梁 AB 的约束力 N_B 通过铰链中心, 垂直于支承面指向梁; 固定铰链支座 A 的约束力 R_A 用相互垂直的两个分力 R_{Ax} 和 R_{Ay} 表示。

(3) 画受力图。由以上分析可知, 简支梁 AB 受主动力 F 及约束力 N_B 、 R_{Ax} 和 R_{Ay} 的作用, 其受力图如图 1-15b 所示。

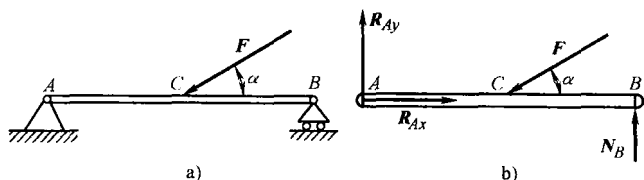


图 1-15

1.4 力矩

1.4.1 力矩的概念和计算

力对物体的作用效果之一是能使物体产生转动, 例如用扳手拧螺母时, 螺母转动。为了度量一个力对物体的转动效果, 需要引进“力对点之矩”(简称力矩)的概念。以扳手拧紧螺母为例可知(图 1-16), 螺母的转动效果不仅与力 F 的大小有关, 而且与力 F 到螺母中心 O 的距离 L 有关。我们把物体的转动中心 O 称为矩心, 把矩心到力的作用线的距离 L 称为力臂。经验表明, F 越大或 L 越大, 力使螺母转动的效果就越明显, 所以我们用力与力臂的乘积 L 来度量力对物体转动效果的大小, 这个乘积称为力 F 对 O 点之矩, 简称力矩, 以符号 $M_O(F)$ 表示, 记作

$$M_O(F) = \pm Fl$$

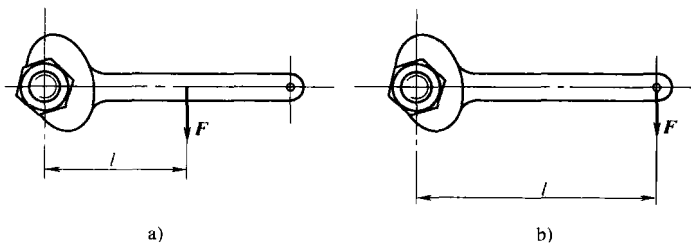


图 1-16

力使物体绕矩心转动时, 转向不同, 效果也不同。通常规定: 力使物体逆时针方向转动时, 力矩为正; 反之, 力使物体顺时针方向转动时, 力矩为负。

力矩的单位决定于力和力臂的单位, 其法定计量单位是牛·米 ($N \cdot m$)。

例 1-5 某柴油机气缸盖螺母的拧紧力矩规定为 $150 N \cdot m$, 若所用扳手的有效长度 L 为 $0.5 m$, 作用力 F 的方向与手柄垂直, 问作用力至少需多大?

解: 当力 F 作用在手柄最外端时, 所需作用力为最小。则

$$FL = F \times 0.5\text{m} = 150\text{N} \cdot \text{m}$$

$$F = \frac{150\text{N} \cdot \text{m}}{0.5\text{m}} = 300\text{N}$$

1.4.2 力矩的平衡

生产实际中常遇到绕定点转动物体的平衡问题,如图1-17所示的手动剪床就是一个典型的例子。 A 点作用有手动力 F , B 点作用有钢丝对剪床的反作用力 N , O 点为转动中心,力 F 与 N 对矩心 O 点的力矩大小相等、转向相反时剪床处于平衡,就是说此两力对 O 点力矩的代数和应等于零,即

$$Fa = Nb$$

如果知道 a 、 b 和 F 的值,就可计算出剪床对钢丝的作用力大小。由此,我们得到转动物体的平衡条件为:作用在物体上的各力对转动中心力矩的代数和等于零。以此平衡条件所建立的方程称为力矩的平衡方程,用该方程可解决某些工程实际问题。

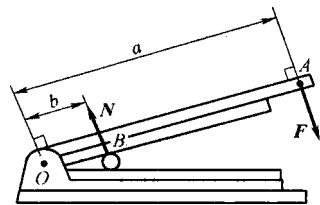


图 1-17

例1-6 图1-18所示为简易起重机,除平衡铁外,重力 $G_1 = 4000\text{N}$,最大起重 $Q = 5000\text{N}$,尺寸如图所示。要求在满载时,起重机不会绕 B 轮翻倒;空载时,起重机不会绕 A 轮翻倒,问平衡铁重 G_2 重多少为宜?

解: 起重机在正常状态下,受 Q 、 G_1 、 G_2 及地面对轮子的约力 N_A 、 N_B 五个平行力的作用。满载时, A 轮将离又未离地面,只有 B 轮支撑起重机,地面对 A 轮的约束力 N_A 等于零。当各力对转动中心 B 的力矩代数和等于零时,起重机保持平衡,所以

$$0.6G_1 + (1 + 0.6)G_2 - (2 - 0.6)Q = 0$$

$$4000\text{N} \times 0.6\text{m} + G_2 \times 1.6\text{m} - 5000\text{N} \times 1.4\text{m} = 0$$

$$G_2 = \frac{5000 \times 1.4 - 4000 \times 0.6}{1.6}\text{N} = 2875\text{N}$$

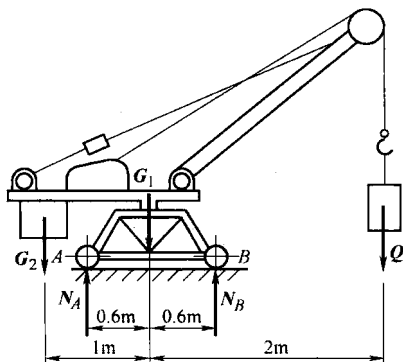


图 1-18

同理,当空载时, B 轮将离又未离地面,只有 A 轮支撑起重机,地面对 B 轮的约束力 N_B 等于零。当各力对转动中心 A 的力矩代数和等于零时,起重机保持平衡,所以

$$(1 - 0.6)G_2 - 0.6G_1 = 0$$

$$G_2 \times 0.4\text{m} - 4000\text{N} \times 0.6\text{m} = 0$$

$$G_2 = \frac{4000 \times 0.6}{1 - 0.6}\text{N} = 6000\text{N}$$

由此可见,平衡铁的重力在满载时要大于 2875N ,空载时要小于 6000N 才不致翻倒,考虑到超载以及空载时工人登机修理也不致翻倒,平衡铁重 G_2 可取 4000N 。

如果物体绕固定轴转动,作用于物体上的力的作用线不在同一平面内,例如如图1-19a所示的绞车鼓轮轴,对于这种情况通常我们取一垂直于该轴轴线的平面,将作用于物体上的所有力都投影到该平面上,如以该平面与轴线的交点 O 为转动中心(图1-19b),则物体绕

定轴转动的问题可按力矩平衡方程来求解。

例 1-7 如图 1-19 所示的绞车鼓轮轴, 齿轮所受圆周力 $F_t = 5000\text{N}$, 齿轮分度圆直径 $d = 300\text{mm}$, 鼓轮直径 $D = 100\text{mm}$ 。试求起重载荷 G 的值。

解: 取一垂直于轴线的平面 (如图 1-19a 所示的齿轮左侧面), 将力 G 和 F_t 都向此平面投影 (图 1-19b), 以此平面与轴线的交点 O 为转动中心, 则

$$G \times \frac{D}{2} - F_t \times \frac{d}{2} = 0$$

$$G = \frac{5000 \times 0.3}{0.1} \text{N} = 15000\text{N}$$

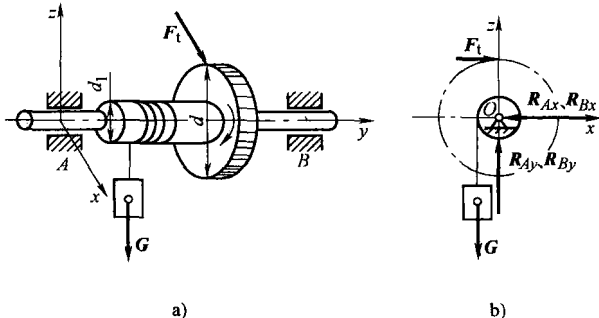


图 1-19

1.5 功率、转矩和机械效率

1.5.1 功和功率

在物理学中, 我们已经知道, 当物体受到力 F 的作用, 并在力 F 的作用下移动了一段距离 s 时 (图 1-20a), 我们称这个力对物体做了功。功的大小等于力和物体在力的方向上移动距离的乘积, 以 W 表示, 即功是力与位移的乘积, 记作

$$W = Fs$$

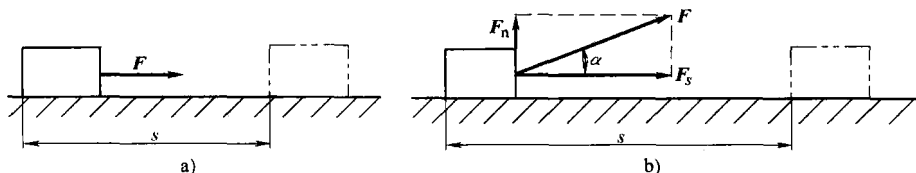


图 1-20

如果 F 和移动方向不同, 它们之间的夹角为 α (图 1-20b), 则可将 F 分解为一个沿移动方向的分力 F_s , 和一个垂直于移动方向的分力 F_n , 物体沿 F_n 的方向没有移动, 所以 F_n 不做功, 只有 F_s 才是对物体做功的力, 即

$$W = F_s \cos \alpha$$

由此可知, 力所做的功等于力在位移方向上的投影与位移的乘积。功的单位是焦耳 (J), $1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m}$ 。

在工程实际中, 我们不仅要知道机器做了多少功, 更重要的是要知道机器做功的快慢程度, 因此要引入功率的概念。另外, 实际中经常会遇到按机器的功率来计算轮轴受力的问题, 所以必须明确功率的概念及掌握功率的计算方法。

由物理学的知识可知, 力在单位时间 t 内所做的功称为功率, 以 P 表示, 即

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F_s \cos \alpha}{t} = Fv \cos \alpha$$

功率等于力在其作用点速度方向上的投影与速度的乘积。当 $\alpha = 0$ 时, 即力的方向与位移方向一致, 则

$$P = Fv$$

F 的单位为 N, v 的单位为 m/s, W 的单位为 J。 P 的单位为瓦, 记作 W。工程上常用 kW 作为功率单位, 换算关系为 $1\text{ kW} = 1000\text{ W}$ 。

由公式 $P = Fv$ 可知, 当机器的功率一定时, 力和速度成反比, 速度越大, 力越小; 速度越小, 力越大。如切削工件时, 工件材料越硬或切削面积越大, 所需切削力就越大, 切削速度就不能太高, 否则会引起超载而损坏机床; 汽车爬坡时用低速是为了增大牵引力。

1.5.2 转矩和功率

如已知机器的功率 P 和转速 n (旋转机械每分钟的转数, 单位为 r/min), 则可由上式求出它的转矩 T (使机械元件转动的力矩, 单位为 N·m), 即

$$T = 9550 \frac{P}{n}$$

上式在工程实际中经常应用, 由公式可知: 当机器的功率一定时, 转矩与转速成反比, 转速越大, 转矩越小; 转速越小, 转矩越大。

如已知电机的功率 $P = 7.5\text{ kW}$, 转速 $n = 2900\text{ r/min}$, 则转矩为

$$T = \frac{9550 \times 7.5}{2900} \text{ N} \cdot \text{m} = 24.70 \text{ N} \cdot \text{m}$$

1.5.3 机械效率

机器工作时, 由于有摩擦等阻力存在, 要消耗一部分功率, 使输入功率不能完全得到利用。为了度量机器输入功率被利用的程度, 必须引入机械效率的概念。机械效率用 η 表示, 如机器的输入功率为 P_i , 输出功率为 P_e , 则机械效率为

$$\eta = \frac{P_e}{P_i}$$

输入功率总是大于输出功率, 因为有一部分输入功率要消耗于克服摩擦等阻力, 所以机械效率 η 总是小于 1 的。机械效率的大小是衡量机器性能的一个重要指标。

在机械传动中, 通过实验测定, 一般常见机构的机械效率大致数值为: 一对齿轮传动 $\eta = 0.92 \sim 0.985$ (包括轴承损失); 平带传动 $\eta = 0.92 \sim 0.98$ (包括轴承损失); V 带传动 $\eta = 0.90 \sim 0.94$ (包括轴承损失); 一对滚动轴承 $\eta = 0.99$; 一对滑动轴承 $\eta = 0.94 \sim 0.98$; 滑动丝杆 $\eta = 0.30 \sim 0.60$ 。

练习题

1. 什么是力的三要素? 用生产实例说明力的三要素对物体作用效果的影响。
2. 一个力能分解成二个相互垂直的分力吗? 怎样分解? 二个共点力能合成为一个力吗? 可用什么方法合成?
3. 两个力平衡的条件是什么?
4. 有人说: “举重时, 手向上推杠铃的力始终大于杠铃向下压手的力, 因而才将杠铃举起。”这种说法对吗? 为什么?
5. 什么叫约束? 什么叫约束力? 工程上常见的约束类型有哪些? 其约束力方向如何确定?

6. 什么叫受力图? 画受力图的一般步骤是怎样的?

7. 画出如图 1-21 所示各指定物体的受力图。

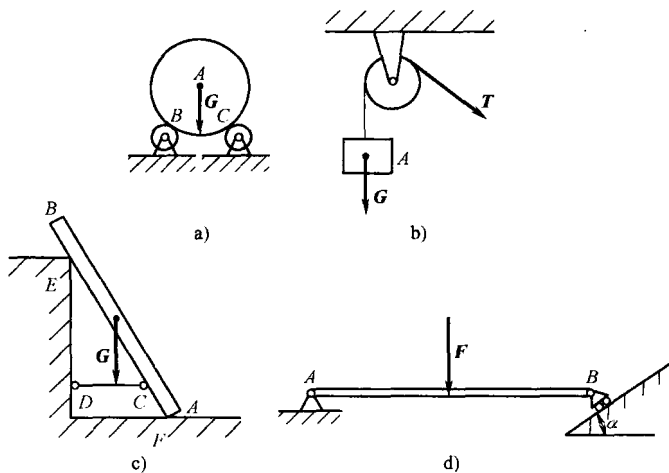


图 1-21

8. 画出如图 1-22 所示各物体的受力图。

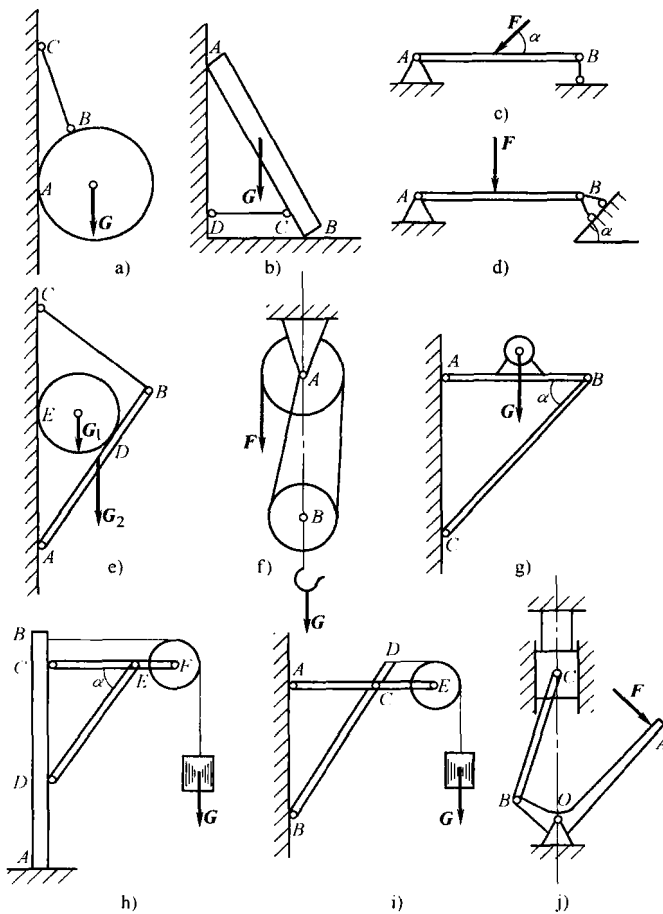


图 1-22

9. 用手拔钉子拔不出来, 为什么用羊角锤就容易拔出来?

10. 试求如图 1-23 所示各图中力 F 对点 B 的力矩。

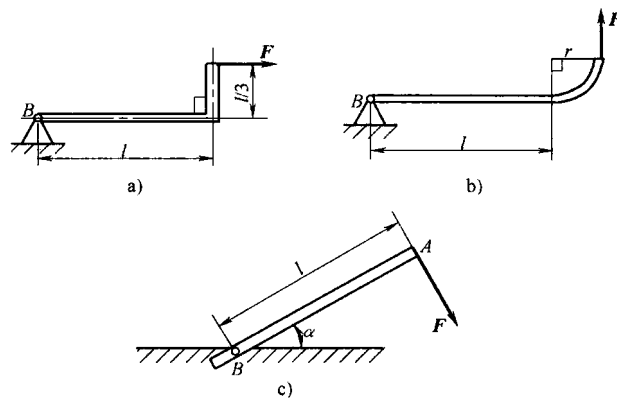


图 1-23

11. 功率、转速和转矩三者有何关系?

12. 已知某传动轴的转速 $n = 200 \text{ r/min}$, 它所传递的功率为 30 kW , 试求它的转矩为多少?