



中等职业教育规划教材



机械基础

栾祥 主编 张忠蓉 主审



化学工业出版社

中等职业教育规划教材

机 械 基 础

栾 祥 主编

张忠蓉 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以培养生产第一线所需的技术应用型人才为根本任务,以培养学生技术应用能力为主线设计培养方案,以“实用为主”构建课程体系和教学内容。内容包含了静力学基础、材料力学基础、机械常用机构、齿轮传动、齿轮系与减速器、带传动与链传动、轴系零部件、工程材料等。在教学内容的安排和取舍上,遵循“尊重学科,但不恪守学科”的原则,减少理论推导,注意与专业课的衔接,使一般能力的培养与职业能力的培养相结合。

本书适合中等职业学校作为教材使用,也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/栾祥主编. —北京:化学工业出版社,
2009.5

中等职业教育规划教材
ISBN 978-7-122-05097-7

I. 机… II. 栾… 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045128号

责任编辑:王金生 石磊
责任校对:蒋宇

文字编辑:陈喆
装帧设计:张辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张10 $\frac{3}{4}$ 字数261千字 2009年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:17.00元

版权所有 违者必究

前 言

“机械基础”是中等职业技术学校机电类专业的必修课程，属机电类专业的专业技术基础课。根据国务院、教育部大力发展职业教育，进一步深化职业教育教学改革，根据市场和社会需要，不断更新教学内容，改进教学方法，大力推进精品专业和精品课程及教材建设的要求；围绕培养应用型人才的目标，以“实用为主”，突出“应用性”，着重培养学生分析问题与解决问题的能力；遵循少而精，浅而广的原则，我们编写了本书。编写中着重体现以下特点。

① 对机械类和近机械类专业所需要的机械工程基础知识进行重点介绍，内容全面，综合性强。

② 本着适度够用的原则，对各部分内容进行了适当筛选，省略理论性较强的推导过程，尽可能适应实用的需要。

③ 采用简明易懂的插图，如立体图、结构简图等，便于学生理解掌握。

④ 注重各部分知识的联系、前后内容的呼应，保证了知识的连续性、系统性。

本书由沈阳职业技术学院栾祥主编，沈阳职业技术学院张忠蓉主审。第1~5章由栾祥编写，第6章由王强编写，第7章由王坤编写，第8章由张黎编写。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，请不吝赐教，以便改进。

编 者

2009年3月

目 录

第 1 章 静力学基础知识	1
1.1 静力学基础	1
1.1.1 力的概念和投影计算	1
1.1.2 力的基本性质	1
1.1.3 约束与约束反力	3
1.1.4 物体的受力图	5
1.2 力矩和力偶	8
1.2.1 力矩	8
1.2.2 力偶	9
1.3 平面力系	10
1.3.1 平面任意力系的简化与平衡	11
1.3.2 几种特殊平面力系的平衡问题	15
思考与练习	19
第 2 章 材料力学基础	23
2.1 构件轴向拉伸与压缩的强度计算	23
2.1.1 轴向拉伸与压缩的概念	23
2.1.2 轴力与轴力图	23
2.1.3 轴向拉(压)时横截面上的应力	25
2.1.4 轴向拉(压)时的变形	27
2.1.5 金属材料在拉伸与压缩时的力学性能	28
2.1.6 轴向拉(压)时的强度计算	31
2.2 剪切与挤压的强度计算	33
2.2.1 剪切与挤压的概念	33
2.2.2 强度计算	34
2.3 圆轴扭转的强度与刚度计算	35
2.3.1 扭转的概念与实例	35
2.3.2 外力偶矩与转矩	36
2.3.3 圆轴扭转的切应力与强度计算	38
2.3.4 圆轴扭转变形与刚度计算	40
2.4 构件弯曲变形的强度计算	41
2.4.1 弯曲的概念	41
2.4.2 梁的内力与内力图	43
2.4.3 弯曲时的正应力与强度计算	46
2.4.4 梁的弯曲刚度	48

2.4.5 提高梁的承载能力的措施	49
思考与练习	50
第3章 常见机构与传动	54
3.1 机器的组成及其特征	54
3.2 平面连杆机构	55
3.2.1 运动副	55
3.2.2 平面连杆机构	55
3.3 其他运动机构	61
3.3.1 凸轮机构	61
3.3.2 棘轮机构	63
3.3.3 槽轮机构	64
思考与练习	65
第4章 齿轮传动	67
4.1 齿轮传动的特点、应用与分类	67
4.1.1 齿轮传动的特点和应用	67
4.1.2 齿轮传动的类型	67
4.2 渐开线及渐开线齿廓	68
4.2.1 渐开线的形成及其性质	68
4.2.2 渐开线齿廓的啮合特点	69
4.3 标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	70
4.3.1 齿轮各部分的名称及符号	70
4.3.2 直齿圆柱齿轮的基本参数	71
4.3.3 标准直齿圆柱齿轮几何尺寸计算	72
4.3.4 齿条	72
4.4 标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	73
4.4.1 正确啮合条件	73
4.4.2 连续传动条件	73
4.4.3 正确安装条件	73
4.5 渐开线齿轮的加工方法	74
4.5.1 仿形法	74
4.5.2 范成法	75
4.5.3 根切现象	76
4.6 齿轮传动的设计基础	77
4.6.1 齿轮传动的失效形式	77
4.6.2 齿轮传动的设计计算准则	78
4.6.3 齿轮的常用材料	78
4.7 斜齿圆柱齿轮传动	79
4.7.1 齿廓曲面的形成及啮合特点	79
4.7.2 斜齿圆柱齿轮传动的基本参数	80

4.7.3 斜齿轮的几何尺寸计算	81
4.7.4 斜齿轮的啮合传动	81
4.7.5 斜齿圆柱齿轮的当量齿数和不发生根切的最少齿数	82
4.8 圆锥齿轮传动	82
4.8.1 概述	82
4.8.2 圆锥齿轮基本参数和尺寸计算	82
4.8.3 直齿圆锥齿轮的啮合传动	84
4.9 齿轮的结构和齿轮传动的润滑	84
4.9.1 齿轮的结构	84
4.9.2 齿轮传动的润滑	85
4.10 蜗杆传动	86
4.10.1 蜗杆传动的特点和应用	86
4.10.2 蜗杆蜗轮传动的类型	87
4.10.3 蜗杆蜗轮传动的基本参数	87
4.10.4 蜗杆蜗轮传动的几何尺寸计算	89
4.10.5 蜗杆蜗轮的啮合传动	89
4.10.6 蜗杆蜗轮的材料和结构	90
思考与练习	91

第5章 轮系 93

5.1 概述	93
5.2 定轴轮系及其传动比	93
5.2.1 平面定轴轮系	93
5.2.2 空间定轴轮系	94
5.3 周转轮系及其传动比	95
5.3.1 平面周转轮系	95
5.3.2 空间周转轮系	97
5.4 混合轮系及其传动比	97
5.5 齿轮减速器简介	99
5.5.1 减速器的基本结构	99
5.5.2 减速器的润滑	100
思考与练习	100

第6章 带传动与链传动 102

6.1 带传动	102
6.1.1 带传动的组成	102
6.1.2 带传动的特点	102
6.1.3 带传动的类型与应用	102
6.1.4 普通 V 带与 V 带轮	103
6.1.5 带传动的工作情况分析	105
6.1.6 带传动的张紧、安装和维护	108

6.2 链传动简介	109
6.2.1 链传动的特点、类型与应用	109
6.2.2 滚子链传动的传动件	109
6.2.3 滚子链传动的主要失效形式	111
思考与练习	111
第7章 轴系零部件	112
7.1 轴	112
7.1.1 轴的分类和轴的材料	112
7.1.2 轴的结构设计	113
7.2 轴承	116
7.2.1 滑动轴承	116
7.2.2 滚动轴承	120
7.3 螺纹连接	128
7.3.1 螺纹的基础知识	128
7.3.2 螺纹连接	130
7.3.3 螺纹连接的预紧与防松	132
7.4 键与销	135
7.4.1 键连接	135
7.4.2 销连接	138
7.5 联轴器与离合器	140
7.5.1 联轴器	140
7.5.2 离合器	144
思考与练习	144
第8章 机械工程材料基础	147
8.1 金属材料的性能	147
8.1.1 金属材料的物理、化学性能	147
8.1.2 金属材料的力学性能	147
8.2 铁碳合金材料	149
8.2.1 铁碳合金的基本相及组织	149
8.2.2 钢的分类、性能及编号	150
8.3 钢的热处理	154
8.3.1 钢的退火	155
8.3.2 钢的正火	156
8.3.3 钢的淬火	156
8.3.4 钢的回火	157
8.4 有色金属材料	157
8.4.1 铝与铝合金	157
8.4.2 铜与铜合金	158
8.5 其他常用工程材料	160

8.5.1 塑料	160
8.5.2 橡胶	160
8.5.3 陶瓷材料	161
8.5.4 复合材料	161
思考与练习	162
参考文献	163

第 1 章 静力学基础知识

1.1 静力学基础

1.1.1 力的概念和投影计算

力是物体间相互的机械作用。物体间相互的机械作用大致可分为两类：一类是物体直接接触的作用，另一类是场的作用。这种作用使物体的运动状态或形状尺寸发生改变。物体运动状态的改变称为力的外效应或运动效应，物体形状尺寸的改变称为力的内效应或变形效应。

力的三要素，即力的大小、方向和作用点。

在国际单位制中，力的单位为 N 或 kN， $1\text{kN}=10^3\text{N}$ 。

力是一个既有大小又有方向的量，称为矢量。矢量可用一具有方向的线段来表示，如图 1-1 所示。线段 AB 的起点（或终点）表示力的作用点，线段 AB 的方位和箭头指向表示力的方向，沿力的方向画出的直线，称为力的作用线，而线段 AB 长度则按一定的比例表示力的大小。本书中用黑体字母表示矢量，如 $\mathbf{F}$ ；用普通字母表示力的大小，如 F 。

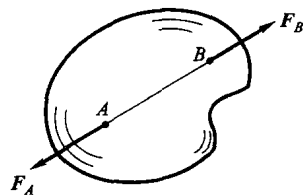


图 1-1 二力平衡

作用于一个物体上的多个力称为一个力系。若两个力系对物体的作用效应完全相同，则这两个力系称为等效力系。如一个力与一个力系等效，则此力称为该力系的合力，而该力系中的各力称为合力的分力。把各分力等效替换成合力的过程称为力的合成，把合力等效替换成各分力的过程称为力的分解。

平衡是指物体相对于地球处于静止或匀速直线运动的状态。如果物体在一力系作用下处于平衡状态，则该力系称为平衡力系。

在研究物体的平衡问题时，若物体的微小变形对平衡问题影响很小，则可将微小变形忽略不计，把物体看做是刚体。刚体是指在力的作用下不变形的物体，是力学模型。

1.1.2 力的基本性质

人们在长期的生活和生产活动中，经过实践—认识—再实践—再认识的过程，总结出了许多力所遵循的规律，其中最基本的性质有以下几条。这些性质的正确性已被实践所验证，所以也称为静力学公理。

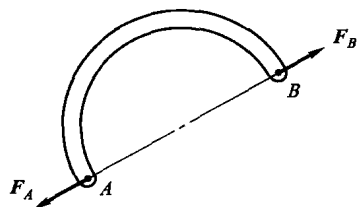


图 1-2 二力构件

性质一 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力使刚体处于平衡的充分必要条件是：这两个力大小相等、方向相反，且作用在同一条直线上。如图 1-1 所示，用矢量表示，即为

$$\mathbf{F}_A = -\mathbf{F}_B \quad (1-1)$$

性质一只适用于刚体，对于变形体，这个条件是必要的，

但不是充分的。在工程上,常把只受两力作用而处于平衡的构件称为二力构件,或称二力杆,如图 1-2 所示。

性质二 加减平衡力系公理

在作用于刚体的力系上,加上或减去任意一组平衡力系,都不会改变原力系对刚体的作用效果。由此可得如下推论。

推论 1 力的可传性原理

作用于刚体上的力可沿其作用线移到该刚体上的任意位置,并不改变该力对该刚体的作用效应。如图 1-3 所示,作用于小车 A 点的推力 F 沿其作用线移到 B 点,得拉力 F' ,虽然推力变为拉力,但对小车的作用效应是相同的。由此可见,力的作用点对刚体来说已不是决定力作用效应的要素。因此,作用于刚体上的力的三要素为力的大小、方向和作用线。

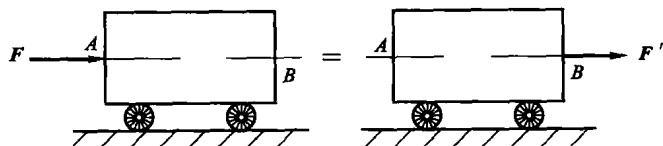


图 1-3 力的可传性原理

性质三 力的平行四边形法则

作用于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确定,如图 1-4(a) 所示。其矢量表达式为

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-2)$$

为方便起见,在利用矢量加法求合力时,可不必要画出整个平行四边形,而是从 A 点作矢量 $\mathbf{F}_1$,再由 $\mathbf{F}_1$ 的末端 B 作矢量 $\mathbf{F}_2$,则矢量 AC 即为合力 $\mathbf{F}_R$ 。这种求合力的方法称为力的三角形法则,如图 1-4(b) 所示。显然,若改变 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 的顺序,其结果不变,如图 1-4(c) 所示。

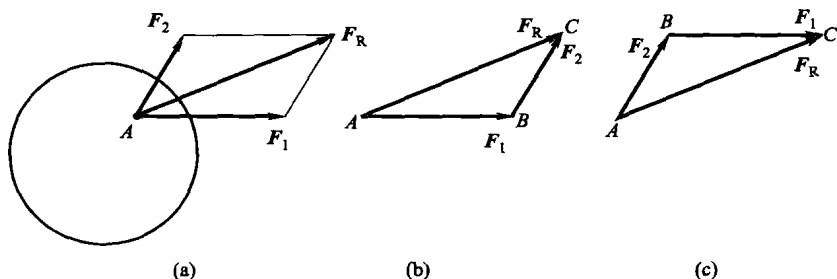


图 1-4 力的平行四边形法则

由上可推出 n 个力作用的情况。设一刚体上有 $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_n$ 共 n 个力作用,力系中各力的作用线共面且汇交于同一点(称为平面汇交力系),根据性质三和式(1-2)将此力系合成为一个合力 $\mathbf{F}_R$,此合力应为

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_n = \sum \mathbf{F}_i \quad (1-3)$$

可见,平面汇交力系的合力矢量等于力系各分力的矢量和。

力的平行四边形法则是力系合成的法则,也是力系分解的法则。该法则表明了简单力系

简化的规律，它也是复杂力系简化的基础。

推论2 三力平衡汇交定理

刚体受三个共面但互不平行的力作用而平衡时，此三力作用线必汇交于一点。此定理说明了不平行的三力平衡的必要条件，当刚体上只有三个力作用，而其中两个力的作用线相交时，可用来确定第三个力的作用线方位。

证明 刚体上 A 、 B 、 C 三点，分别作用着使该刚体平衡的三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 ，它们的作用线都在一个平面内但不平行， F_1 、 F_2 的作用线交于 O 点。根据力的可传性原理，将此两个力分别移至 O 点，则此两个力的合力 F_R 必定在此平面内且通过 O 点，由于刚体是平衡的，因而 F_R 必须和 F_3 平衡，由二力平衡的条件可知， F_3 与 F_R 必共线，所以 F_3 的作用线亦必过 F_1 、 F_2 的交点 O ，即三个力的作用线汇交于一点。如图 1-5 所示。

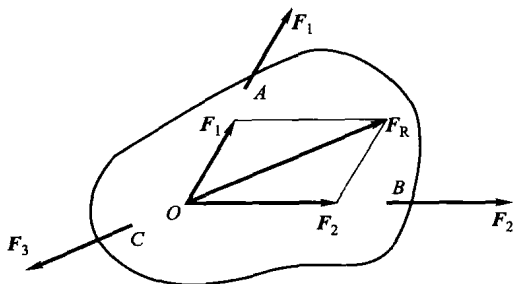


图 1-5 三力平衡汇交定理

性质四 作用与反作用定律

两物体间的作用力与反作用力，总是大小相等，方向相反，沿同一条直线，分别作用在这两个物体上。

作用与反作用定律是表明两个物体相互作用的力学性质，而二力平衡公理则说明一个刚体在两个力作用下处于平衡时两个力满足的条件。

1.1.3 约束与约束反力

(1) 柔索约束

由绳索、链条、胶带等柔性物体所构成的约束称为柔索约束。柔索约束只能限制物体沿柔索伸长的方向运动，而不能限制其他方向的运动，所以柔索约束反力的方向总是沿柔索中心线且背离被约束物体，即为拉力，通常用符号 F_T 表示，如图 1-6 所示。

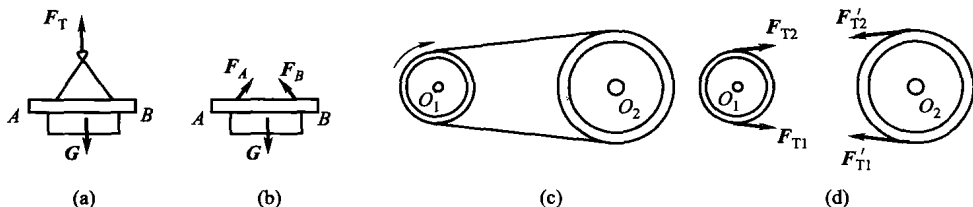


图 1-6 柔索约束

(2) 光滑接触面约束

当两物体接触面之间的摩擦很小，可以忽略不计时，则构成光滑接触面约束。光滑接触面对被约束物体在过接触点处的公切面内任意方向的运动不加限制，同时也不限制物体沿接触面处的公法线脱离接触面，但阻碍物体沿该公法线方向进入约束内部，因此，光滑接触面约束的约束反力必沿接触面处的公法线指向被约束物体，即为压力，用符号 F_N 表示，如图 1-7 所示。

(3) 光滑圆柱铰链约束

① 中间铰链 销钉连接两个活动构件时构成的约束称为中间铰链，如图 1-8 所示。该

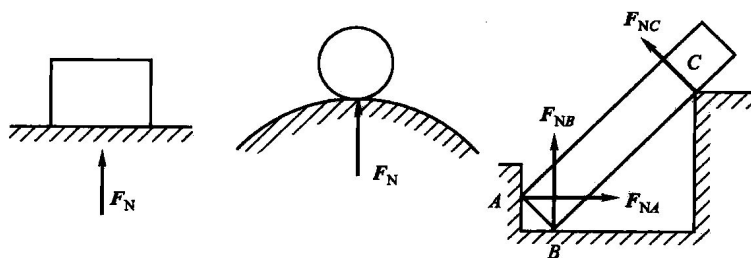


图 1-7 光滑接触面约束

约束可限制构件沿任何方向的移动，但不能限制其转动，其约束反力可用两个分力来表示。

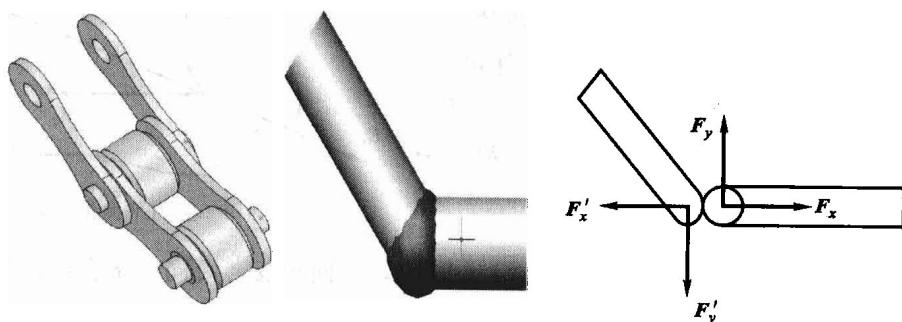


图 1-8 中间铰链

② 固定铰链支座 若将中间铰链约束中的一个构件固定（称为支座），则构成固定铰链，也称为固定铰链支座，如图 1-9 所示，其约束反力同中间铰链。

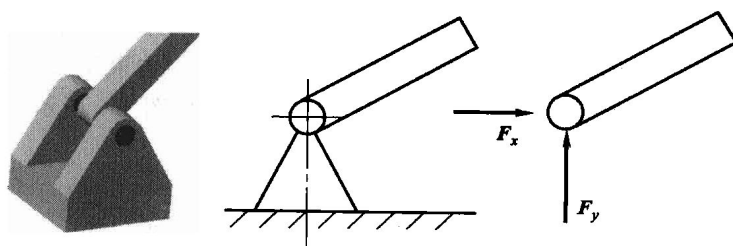


图 1-9 固定铰链支座

③ 活动铰链支座 在铰链支座的底部安装一排滚轮，可使支座沿固定支承面滚动，这就是工程中常见的活动铰链支座，如图 1-10 所示。这类约束只限制物体沿支承面法线方向

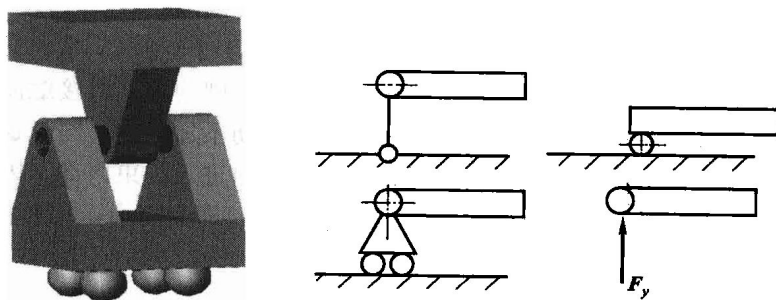


图 1-10 活动铰链支座

的移动, 故约束反力只有一个。

(4) 固定端约束

固定端约束又称为插入端约束, 是工程实际中常见的一种约束类型, 如插入墙体的外伸凉台、固定在车床刀架上的车刀、立于路边的电线杆等, 如图 1-11(a)、(b)、(c) 所示。它们有一个共同的特点是: 构件一端被固定, 既不允许固定端的任意移动, 又不允许绕固定端随意转动, 这种约束就是固定端约束。平面问题中通常用简图 1-11(d)、(e) 表示, 其约束反力在外力作用面内可用简化的两个正交分力 F_x 、 F_y 和力偶矩 M 来表示, 如图 1-11(f) 所示。

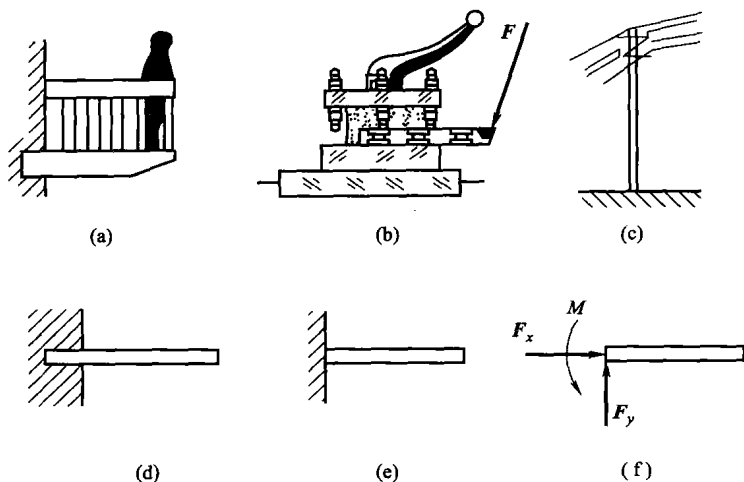


图 1-11 固定端约束

1.1.4 物体的受力图

画受力图的步骤一般为: 明确研究对象, 取分离体; 在分离体上画出全部主动力; 画出全部约束反力。

在画约束反力时, 应特别注意以下几点。

① 将每一种约束按照它们的特点归入典型约束类型, 如上节讲的柔索约束、光滑接触面约束、光滑圆柱铰链约束 (中间铰链、固定铰链支座、活动铰链支座) 和固定端约束, 再根据典型约束的约束反力的表示方法画出约束反力。

② 在画每一个约束反力时, 一定要明确是哪个物体施加的, 不要多画力、少画力或随意移动力。

③ 要熟练使用规定的字母和符号, 标记各个约束反力, 对作用力和反作用力一般用相同的字母, 反作用力加一个上标 “'”, 如 F_{AB} 与 F'_{AB} 互为作用力与反作用力。

④ 在画相邻两物体间作用力与反作用力的方向时, 若其中一个力的方向已经明确或假定, 则另一个力的方向应随之而定。

⑤ 运用二力平衡条件或三力平衡汇交定理确定某些约束反力。凡是二力构件, 必须按二力平衡条件来画约束反力; 当物体受三个共面但不平行的力作用处于平衡时, 已知其中两力作用线的交点, 第三个力为未知的约束反力, 则此约束反力的作用线必通过此交点。

⑥ 当所取分离体是由某几个物体组成的物体系统时, 通常将物体系统内部各物体之间的相互作用力称为内力, 而物体系统外的周围物体对系统内每个物体作用的力称为外力。在

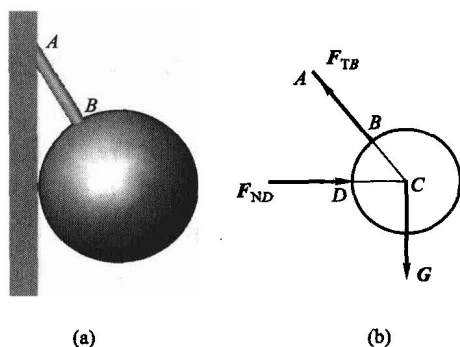


图 1-12 例 1-1 图

画物体系统的受力图时, 约定只画外力不画内力。

【例 1-1】如图 1-12(a) 所示, 一球 C 用绳 AB 挂靠在光滑的铅垂墙上, 试画出球 C 的受力图。

解 ① 选取球 C 为研究对象, 画出其分离体图。

② 画主动力: 在球心点 C 处画上重力 G 。

③ 画约束反力: 球在 B 点受到柔索约束, 在 D 点受到光滑接触面约束。在解除约束的 B 点画上沿绳索中心线背离球的拉力 F_{TB} , 在 D 点画上沿接触面公法线并指向球的压力 F_{ND} 。

球受同平面的三个不平行动力的作用而平衡, 这三个力的作用线必汇交于一点, 即 C 点。如图 1-12(b) 所示。

【例 1-2】梁 AB 的 A 端为固定端, B 端为活动铰链支座, 梁上 C 、 D 处分别受到力 F 与力偶 M 的作用, 如图 1-13(a) 所示, 梁的自重不计, 试画出梁 AB 的受力图。

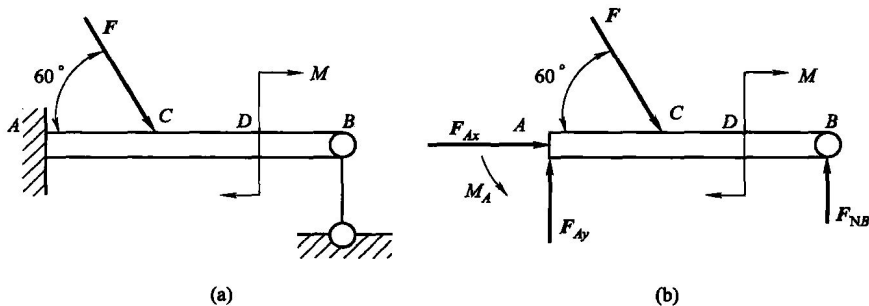


图 1-13 例 1-2 图

解 ① 选取梁 AB 为研究对象, 画出其分离体图。

② 画主动力: 作用在 C 点的力 F 和 D 处的力偶 M 。

③ 画约束反力: 梁 AB 在 A 处受到固定端约束, 在 B 处受到活动铰链支座约束。在解除约束的 A 处, 约束反力可用两个正交力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 和力偶 M_A 来表示, 指向和转向是假定的。在解除约束的 B 处, 约束反力为垂直于支承面的 F_{NB} , 指向为假定的。梁 AB 的受力图如图 1-13(b) 所示。

【例 1-3】如图 1-14(a) 所示的结构由杆 AC 、 CD 与滑轮 B 铰接而成。物体重为 G , 用绳子挂在滑轮上。如杆、滑轮及绳子的自重不计, 并忽略各处的摩擦, 试分别画出滑轮 B (包括绳索), 杆 AC 、 CD 及整个系统的受力图。

解 (1) 画滑轮及绳索的受力图

① 取滑轮及绳索为研究对象, 画出分离体图。

② 画主动力: 无。

③ 画约束反力: 在 B 处受中间铰链支座约束, 在 E 处受柔索约束, 在 H 处受柔索约束。在解除约束的 B 处, 可用两个正交分力 F_{Bx} 、 F_{By} 来表示, 在 E 处画上沿绳索中心线背离滑轮的拉力 F_{TE} , 在 H 处画上沿绳索中心线背离滑轮的拉力 F_{TH} 。滑轮及绳索受力图, 如图 1-14(b) 所示。

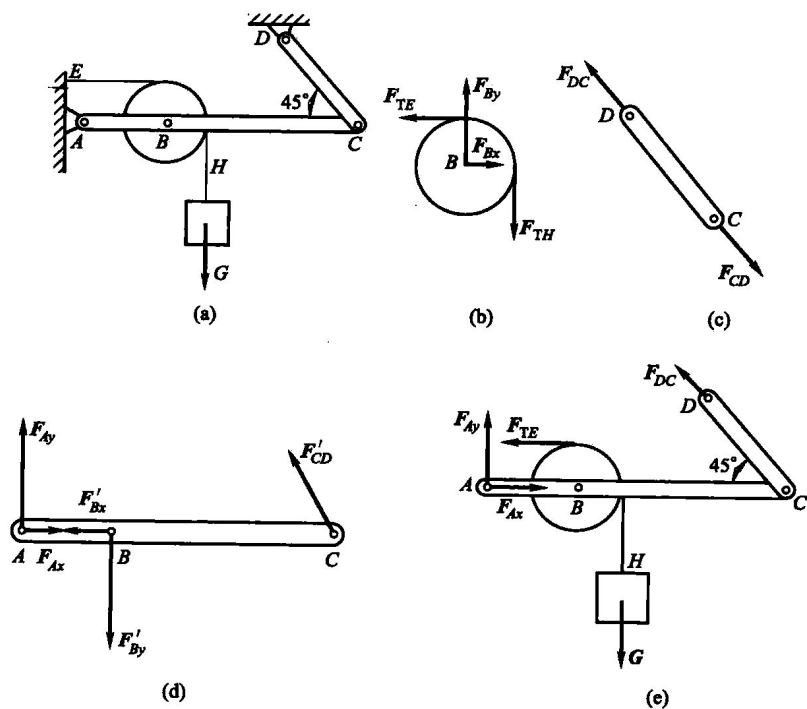
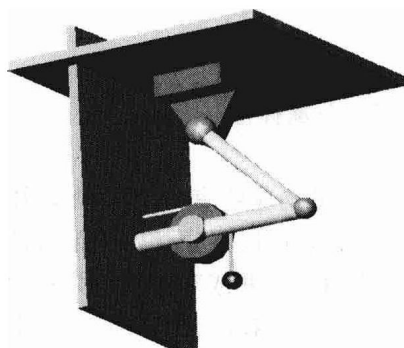


图 1-14 例 1-3 图

(2) 画 CD 杆的受力图

① 取 CD 杆为研究对象，画出分离体图。

② 画主动力：无。

③ 画约束反力： CD 杆为一个二力构件，根据二力平衡条件， CD 杆上的两个力必沿两力作用点的连线，且等值、反向。假设 CD 杆受拉，在 C 、 D 处画上拉力 F_{CD} 、 F_{DC} ，且 $F_{CD} = -F_{DC}$ ，其受力图如图 1-14(c) 所示。

(3) 画 AC 杆的受力图

① 取 AC 杆为研究对象，画出分离体图。

② 画主动力：无。

③ 画约束反力： AC 杆在 A 处受固定铰链支座约束，在 B 、 C 处受中间铰链约束。在解除约束的 A 处，可用两个正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 来表示；在 B 处画上 F'_{Bx} 、 F'_{By} ，它们分别与

F_{Bx} 、 F_{By} 互为作用力与反作用力；在 C 处画上 F'_{CD} ，它与 F_{CD} 互为作用力与反作用力。其受力图如图 1-14(d) 所示。

(4) 画出整个系统的受力图

① 取整个系统为研究对象，画出分离体图。

② 画主动力：重力 G 。

③ 画约束反力：在 A 处受固定铰链支座约束，在 E 处受柔索约束，在 D 处受固定铰链支座约束。系统中杆 AC 与杆 CD 在 C 处铰接不分开，滑轮与杆 AC 在 B 处铰接不分开，故这两处的约束反力互为作用力与反作用力，并成对出现，为系统的内力，不必画出。只需在解除约束的 A 处用两个正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 来表示，在 E 处画上沿绳索中心线背离滑轮的拉力 F_{TE} ，在 D 处画上拉力 F_{DC} ，整个系统的受力图如图 1-14(e) 所示。

1.2 力矩和力偶

1.2.1 力矩

人们从生产实践活动中得知，力不仅能够使物体沿某方向移动，还能够使物体绕某点产生转动。例如人用扳手拧紧螺母时，施于扳手的力 F 使扳手与螺母一起绕转动中心 O 转动，由经验可知，转动效应的大小不仅与 F 的大小和方向有关，而且与转动中心点 O 到 F 作用

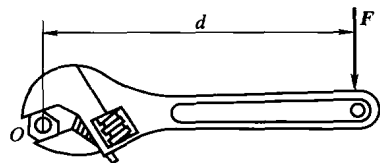


图 1-15 力矩

线的垂直距离有关。因此，在 F 作用线和转动中心点 O 所在的同一平面内（如图 1-15 所示），我们将点 O 称为矩心，点 O 到 F 作用线的垂直距离 d 称为力臂，力使物体绕转动中心的转动效应，就用力 F 的大小与力臂 d 的乘积并冠以适当的正负号来度量，并称为力对 O 点之矩，简称力矩，记作 $M_O(F)$ ，即

$$M_O(F) = \pm Fd \quad (1-4)$$

平面内的力对点之矩是一个代数量，其正负号规定为：若力使物体绕矩心逆时针方向转动时，力矩为正；反之，力矩为负。力矩的常用单位为 $N \cdot m$ 或 $kN \cdot m$ 。

由力矩的定义可知，力矩有以下性质。

- ① 力对点之矩的大小，不仅取决于力的大小，还与矩心的位置有关。
- ② 力对任意点之矩的大小，不因该力的作用点沿其作用线移动而改变。
- ③ 力的大小为零或力的作用线通过矩心时，力矩为零。

设物体上作用有一个平面汇交力系 $F_1, F_2, \dots, F_n$ ，其合力为 F_R 。由于合力与力系等效，因此合力对平面内任意点之矩等于力系中所有分力对同一点之矩的代数和，即

$$M_O(F_R) = M_O(F_1) + M_O(F_2) + \dots + M_O(F_n) = \sum M_O(F_i) \quad (1-5)$$

此式称为合力矩定理。

对于有合力的其他力系，合力矩定理同样成立。

当力矩的力臂不易求出时，常将力正交分解为两个易确定力臂的分力，然后应用合力矩定理计算力矩。

【例 1-4】 如图 1-16 所示，力 $F=150N$ ，作用在锤柄上，柄长 $l=320mm$ ，试求 (a)、(b) 两种情况下力 F 对支点 O 的力矩。

解 在图 1-16(a) 所示的情况下，支点 O 到力 F 作用线的垂直距离 $h=l$ ，力 F 使锤柄