



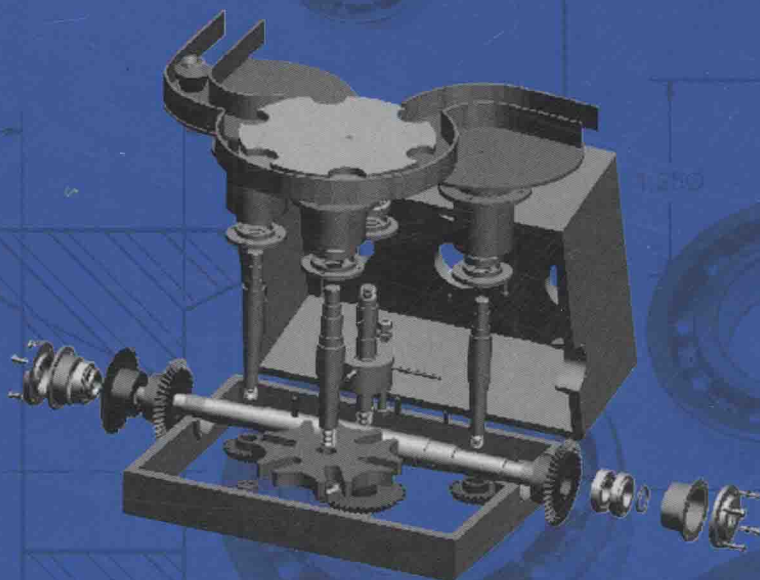
高职高专机电类专业规划教材

Mechanical and Electrical

工程力学

Engineering Mechanics

沈言锦 总主编 刘小群 主编



湖南大学出版社

高职高专机电类专业规划教材

工 程 力 学

总 主 编	沈言锦		
主 编	刘小群		
副 主 编	刘季冬	李华楹	林黄耀
主 审	吴启仁		

湖南大学 出版社

内 容 简 介

本书共分十一个模块,内容包括:静力学基础、平面力系、空间力系、材料力学基础、轴间拉伸与压缩、剪切和挤压、圆轴扭转、梁的弯曲、组合变形、压杆稳定、交变应力。每模块后配有思考与练习,适合检验学习效果。

本书可作为高职高专机械类及相关类专业教学用书,也可作为相关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/沈言锦主编. —长沙:湖南大学出版社,2011.7

(高职高专机电类专业规划教材)

ISBN 978-7-5667-0019-3

I. ①工… II. ①沈… III. ①工程力学

IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 145671 号

工程力学

Gongcheng Lixue

总 主 编: 沈言锦

主 编: 刘小群

责任编辑: 张建平

出版发行: 湖南大学出版社

责任印制: 陈 燕

社 址: 湖南·长沙·岳麓山

邮 编: 410082

电 话: 0731-88822559(发行部), 88820006(编辑室), 88821006(出版部)

传 真: 0731-88649312(发行部), 88822264(总编室)

电子邮箱: presszhangjp@hnu. cn

网 址: <http://www.hnupress.com>

印 装: 衡阳顺地印务有限公司

开本: 787×1092 16 开

印张: 11.25

字数: 259 千

版次: 2011 年 7 月第 1 版

印次: 2011 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1~4 000 册

书号: ISBN 978-7-5667-0019-3/O·84

定价: 24.00 元

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

前 言

本书是根据国家教育部“高职高专教育机械设计课程教学基本要求”的精神,结合编者多年的教改经验编写而成,本书主要作为机械类及近机类专业教学用书,或机械设计工作人员参考用书。

本书共分十一个模块,内容包括:静力学基础、平面力系、空间力系、材料力学基础、轴间拉伸与压缩、剪切和挤压、圆轴扭转、梁的弯曲、组合变形、压杆稳定、交变应力。每模块后配有思考与练习,适合检验学习效果。

本书由江西工业工程职业技术学院及湖南岳阳职业技术学院等多省多所高职院校合编,本书主要具有以下特点:

(1)本书尽可能采用更新更合适的工程实例来引出基本理论,以基本概念、基本原理为向导进行内容的编排。

(2)本书融合了编者多年的教学经验,在每章重要知识点的编写中,加入了多处温馨提示,如总结出来的解题方法、解题思路,或方便记忆用的记忆口诀或巧思巧解。

(3)本书为适应不同教学学时用,书中设置了较多习题,不同教学学时或不同专业的教学可根据需要选用。

参加本书编写的有江西省萍乡市江西工业工程职业技术学院刘小群、刘季冬、陈虎、姚明,湖南省岳阳职业技术学院李华楹、方金香,福建省湄洲湾职业技术学院林黄耀,江西省萍乡市高级技工学校宋齐生和湖北咸宁职业技术学院兰希园。

本书由江西工业工程职业技术学院刘小群老师担任主编,江西工业工程职业技术学院刘季冬、湖南岳阳职业技术学院李华楹和湄洲湾职业技术学院林黄耀三位老师担任副主编,由刘小群老师统稿,江西工业工程职业技术学院吴启仁老师担任主审。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2011年6月

目 次

模块一 静力学基础

任务一 基本概念	1
任务二 约束力与约束反力	5
任务三 受力分析与受力图	8
思考与练习	9

模块二 平面力系

任务一 力的投影和合力矩定理	11
任务二 力的平移定理	13
任务三 平面任意力系的简化	14
任务四 平面力系的平衡方程及应用	17
任务五 物系的平衡	20
任务六 摩擦时物体的平衡问题	23
思考与练习	30

模块三 空间力系

任务一 力在空间直角坐标轴上的投影	34
任务二 力对轴之矩	35
任务三 空间力系的平衡方程	37
任务四 轮轴类平衡问题的平面解法	39
任务五 重 心	41
思考与练习	47

模块四 材料力学基础

任务一 材料力学的任务和研究对象	48
任务二 变形固体的基本假设	50
思考与练习	51

模块五 轴向拉伸与压缩

任务一 工程中的轴向拉伸与压缩问题	52
-------------------	----

任务二 轴向拉伸与压缩时横截面上的内力	54
任务三 轴向拉伸与压缩时横截面上的应力	56
任务四 轴向拉伸与压缩时的变形	59
任务五 材料在拉压时的力学性能	61
任务六 轴向拉伸与压缩时的强度计算	65
任务七 轴向拉伸与压缩时的静不定问题	70
思考与练习	73

模块六 剪切和挤压

任务一 工程中的剪切问题	76
任务二 剪切与挤压的概念	77
任务三 剪切与挤压的实用计算	78
任务四 剪切胡克定律与切应力双生定律	82
思考与练习	82

模块七 圆轴扭转

任务一 工程中的扭转问题	86
任务二 圆轴扭转的概念、扭矩	87
任务三 圆轴扭转时的应力	90
任务四 圆轴扭转时的强度计算	92
任务五 圆轴扭转时的变形与刚度计算	94
思考与练习	98

模块八 直梁的弯曲

任务一 工程中的弯曲问题	103
任务二 梁弯曲时梁横截面上的内力	104
任务三 梁弯曲时梁横截面上的正应力	116
任务四 梁弯曲时的强度计算	118
任务五 梁的弯曲变形概述	122
思考与练习	127

模块九 组合变形

任务一 工程中的组合变形问题	138
任务二 应力状态与强度理论	139
任务三 弯曲和拉(压)组合变形的强度计算	143
任务四 弯曲和扭转组合变形的强度计算	146
思考与练习	149

模块十 压杆稳定

任务一 工程中的压杆稳定问题·····	153
任务二 细长杆的临界载荷·····	154
任务三 欧拉公式的应用范围、临界应力·····	155
任务四 压杆稳定性条件与稳定性计算·····	158
思考与练习·····	161

模块十一 交变应力

任务一 交变应力的概念·····	164
任务二 交变应力的常见类型·····	164
任务三 交变应力作用下构件破坏的主要特点·····	166
任务四 影响构件疲劳极限的主要因素·····	167
思考与练习·····	169

参考文献

模块一 静力学基础

任务一 基本概念

一、力

力的概念是人们从日常生活与生产劳动中逐渐形成的。例如：人们在挑担、推车、掷物体、拧螺帽等活动中能感到力的存在，同样机车牵引列车、吊车吊起重物、轧钢等都有力的作用。从感性认识上升到理性认识，就可以建立起抽象的力的概念：力是物体相互之间的机械作用（包括直接接触作用与场的作用），这种作用使物体的运动状态发生改变或者使物体发生变形。物体运动状态的改变称为外效应或运动效应，物体形状、尺寸的改变称为力的内效应或变形效应。

实践证明：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。这三要素中有一个改变时，作用的效应也随之改变。

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

力是具有大小和方向的量，是矢量。矢量可用一带箭头的线段来表示，如图 1.1 所示。线段 AB 的起点（或终点）表示力的作用点，箭头表示方向，线段的长度（按一定比例画出）表示力的大小。用黑体字母表示矢量，如“**F**”、“**P**”。用普通字母表示力的大小，如“F”、“P”是标量。

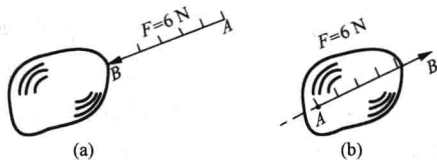


图 1.1

二、平衡

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。房屋、桥梁、建筑物以及在直线道路上匀速行驶的车辆等都是平衡的实例。应当指出：一切平衡都只是相对的和暂时的。

当物体处于平衡状态时并不是没有受力，而是所受到的若干个力（即力系）满足了力系的平衡条件，达到了静止或匀速运动的状态。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。

三、刚体和变形体

所谓刚体就是指物体在受任何外力作用时，大小和形状始终保持不变的理想的力学模型。在分析物体的运动规律时，常常忽略物体的大小与形状，把它抽象为质点。所谓质点是指具有质量而大小、形状可忽略不计的力学模型。

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，则可把物体当作刚体。显然，现实的刚体是不存在的。任何物体在力的作用下，总是发生或多或少的、甚至肉眼

看不到的变形。在实际工程中,是当作刚体还是变形体应根据实际情况分别对待。

四、力的基本公理

力的基本公理亦即静力学公理。它是人类长期对大量自然现象的观察而总结出来的客观规律,是对力的基本性质的概括和总结,是静力学全部理论的基础。

公理 1 二力平衡公理

刚体受两个力作用而处于平衡的必要和充分条件是:这两个力大小相等、方向相反、且作用在同一条直线上。

必须注意,这里所指的是刚体的平衡;对于变形体,上述条件只是必要条件而不是充分条件。例如:绳索两端受到等值、反向、共线的拉力可处于平衡,但若是压力就不能处于平衡。

工程上常遇到的只受两个力的作用而平衡的构件,称为二力构件,若是杆件则称为二力杆。根据公理 1 可知二力构件上的两个力必沿两力作用点的连线,且等值、反向。已知一个力 F 的大小和方向即可确定另一个力 F' 的大小和方向。如图 1.2 所示。

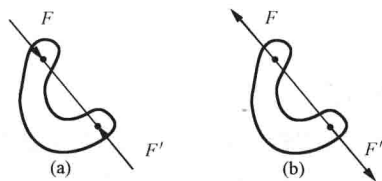


图 1.2

公理 2 加减平衡力系公理

作用于刚体上的任意力系中,加上或去掉一个平衡力系,不会改变原力系对刚体的作用效果。

推论 1 力的可传性原理

作用在刚体上的力可沿其作用线移至该刚体上的任意位置,都不会改变该力对该刚体的作用效应。

证明 设力 F 作用于刚体上的 A 点, B 点为其作用线上的任意一点,如图 1.3(a) 所示。今在 B 点沿其作用线加上等值、反向的两个力 F_1 和 F_2 , 并令 $F_1 = F_2 = F$, 如图 1.3(b) 所示。由于 F_1 和 F_2 组成平衡力系, 根据公理 2, 加上这两个力后, 并不改变力 F 对刚体的效应。但在力 F 、 F_1 、 F_2 组成的力系中, F 和 F_1 也组成一个平衡力系, 因此, 根据公理 2 去掉这两个力, 也不会改变原来三个力对刚体的效应, 如图 1.3(c) 所示。这样一来, 原来作用在 A 点的力 F 沿其作用线被移到了该刚体上的任意点 B , 且由推力 F 变成了拉力 F_2 , 而没有改变原力 F 对刚体的作用效果。因此, 作用在刚体上的力的三要素就变成了: 力的大小、方向和作用线。

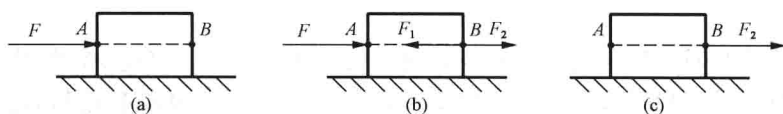


图 1.3

需要注意, 加减平衡力系和力沿作用线移动, 都不会改变力对物体的外效应, 但会改变力对物体的内效应。

公理 3 力的平行四边形法则

作用于物体同一点的两个力的合力, 也作用于该点上, 其大小和方向以该两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, 作用于 O 点的两个力 F_1 、 F_2 的合力为 R , 其矢量表达式为

$$R = F_1 + F_2 \quad (1.1)$$

为方便起见,也可以用力三角形法则。如图 1.4(b)所示,从任意点 A 作矢量 F_1 ,再由 F_1 的末端 B 作矢量 F_2 ,则矢量 AC 即为合力 R 。如果先画 F_2 ,后画 F_1 ,如图 1.4(c)所示也能得到相同的力 R 。

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。

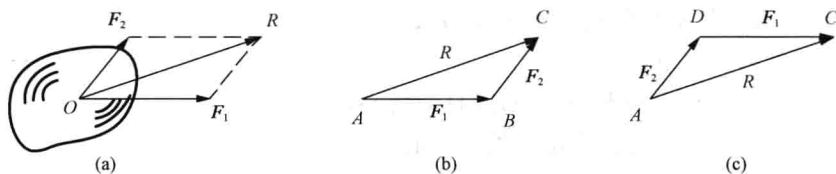


图 1.4

推论 2 三力平衡汇交定理

刚体受到三个共面但互不平行的力作用而平衡时,此三力必汇交于一点。

此定理说明了不平行的三力平衡的必要条件,而且,当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。

如图 1.5 所示,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 、 F_3 的作用线必汇于一点 O 。

公理 4 作用与反作用定理

两个物体间的相互作用力,即作用力与反作用力,总是大小相等、方向相反,沿同一条直线,分别作用在两个物体上。

由上述公理可知,力总是成对出现的,两者同生同灭,它揭示了力的存在形式和力在物体间的传递方式。特别需要指出的是,必须把作用与反作用定律与二力平衡公理严格地区分开来。作用力与反作用力分别作用在两个物体上,而二力平衡公理中的平衡力是作用在同一物体上的两个力达到平衡状态。

五、力对点之矩

力对物体作用的外效应可以使物体产生移动,也可以使物体绕某一点产生转动。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,这个转动中心 O 点在力学中叫做力矩中心,简称矩心。由经验可知,力使物体产生转动效应,不仅与力 F 的大小、方向有关,而且还与矩心 O 点到力作用线的垂直距离 d 有关,这个垂直距离 d 称为力臂。力和力臂越大,转动作用就越大。如图 1.6 所示。

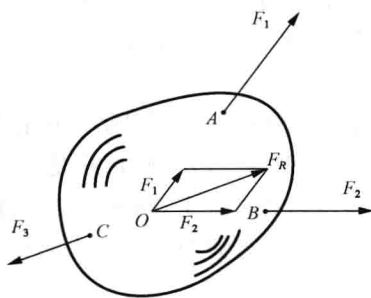


图 1.5

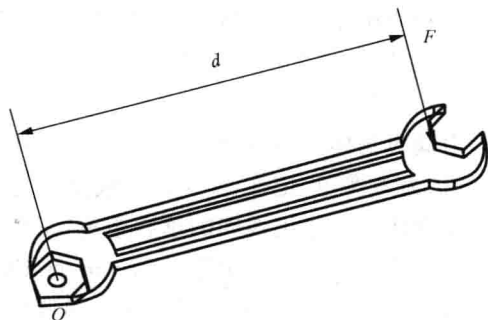


图 1.6

力对点之矩简称力矩,记作 $M_o(F)$,表示力 F 对 O 点之矩,其大小等于力与力臂的乘积并冠以正负号,即

$$M_o(F) = \pm F \cdot d \quad (1.2)$$

平面内力对点之矩是一个代数量,其正负号规定为“力使物体绕矩心逆时针转动为正;顺时针转动为负”。力矩的常用单位为 $\text{N} \cdot \text{m}$ 或 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

由力矩的定义可知以下性质:

- ①力矩的大小不仅与力的大小有关,而且与矩心位置有关;
- ②力矩的大小不因该力沿其作用线的移动而改变;
- ③力的大小为零或力的作用线通过矩心(即力臂为零)时,力矩为零;
- ④互成平衡的二力对同一点之矩的代数和为零。

例 1.1 某工人用呆扳手拧螺栓,他试着从四个方向用力,如图 1.7 所示。已知 $F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = 500 \text{ N}$,呆扳手长 $L = 600 \text{ mm}$,计算此四力对 O 点之矩,哪个力产生的效果最好?

解 根据 $M_o(F) = \pm F \cdot d$ 可知现在问题的关键是确定力臂 d 和转向。确定力臂最简便的方法就是过 O 点向力的作用线或其延长线作垂线,该垂线长即为力臂。

由此可知:

$$M_o(F_1) = -F_1 \cdot d = -500 \times 0.6 \text{ N} \cdot \text{m} = -300 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_o(F_2) = 0$$

$$M_o(F_3) = F_3 \times \sin 45^\circ \cdot L = 500 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0.6 \text{ N} \cdot \text{m} = 212.1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_o(F_4) = F_4 \times \sin 30^\circ \cdot L = 500 \times \frac{1}{2} \times 0.6 \text{ N} \cdot \text{m} = 150 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_o(F)_{\max} = M_o(F_1) = |-300| \text{ N} \cdot \text{m} = 300 \text{ N} \cdot \text{m}$$

因此, F_1 产生的效果最好。负号表示顺时针转向。

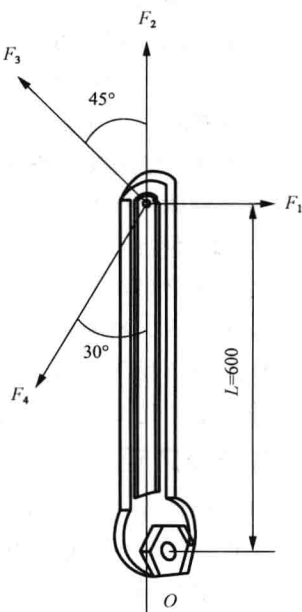


图 1.7

六、力偶

(1) 力偶的概念

在日常生活和生产实践中,常会遇到物体受大小相等、方向相反、作用线互相平行的两个力作用的情况。如司机用双手转动方向盘,如图 1.8(a)所示;钳工用丝锥攻螺纹,如图 1.8(b)所示等。这种由两个大小相等、方向相反、作用线平行的力所组成的力系,在力学中叫做力偶。

实践证明,这样的两个力 (F, F') 对物体只产生转动效应,而不产生移动效应。

(2) 力偶矩

力偶对物体的转动效应,可以用力偶中的力 F 与力偶臂 d 的乘积再冠以适当的正负号来确定,称为力偶矩,记作 $M(F, F')$ 或简写为 M ,即 $M(F, F') = M = \pm Fd$,式中 F 是力, d 是力偶臂即力偶两力作用线间的垂直距离,正负号表示力偶的转向,通常规定:转向为逆时针为正,顺时针为负。力偶矩的单位是 $\text{N} \cdot \text{m}$ 或 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 。力偶矩的大小、力偶的转向和力偶作用面积为力偶的三要素,凡三要素相同的力偶彼此等效。

力偶具有以下一些性质:

- ①力偶在任意轴上投影的代数和为零,故不能合成一个力,也不能与一个力等效。
- ②力偶对其作用面内任意点之矩,恒等于其力偶矩,而与矩心的位置无关。

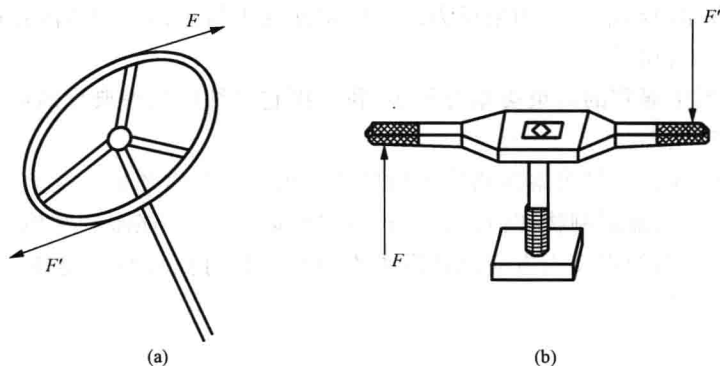


图 1.8

例 1.2 已知力偶 (F, F') 的力偶矩为 $M(F, F') = Fd$, 求证在该平面中任意取一点 O , 其力偶矩不变即与矩心无关, 如图 1.9 所示。

证明 在力偶作用平面内任取一点 O 为矩心, 设 O 点到力 F 的垂直距离为 x , 则 (F, F') 对 O 点之矩的代数和为 $M_O(F) + M_O(F') = -Fx + F'(x + d) = Fd = M(F, F')$, 显然, 力偶矩 $M(F, F')$ 与 x 无关, 即与矩心无关。

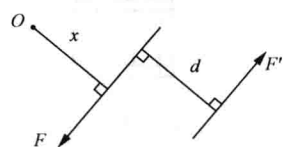


图 1.9

③只要保持力偶的转向和力偶矩的大小不变, 力偶可以在其作用面内任意转动和移动, 而不改变它对刚体的作用效应。如图 1.10 所示。

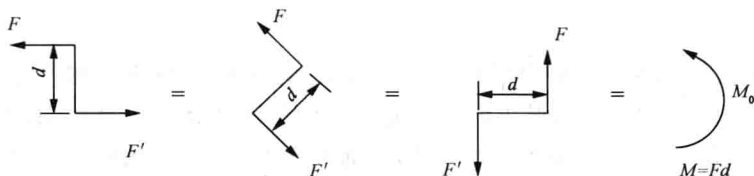


图 1.10

④只要保持力偶矩的大小和转向不变, 可以同时改变力偶中的大小和力偶臂的长短, 而不会改变力偶对刚体的作用效应。此性质说明了只有力偶矩才是力偶作用的度量参数。当物体在某平面内作用有两个或两个以上的力偶时即组成平面力偶系, 合力偶矩的大小等于各分力偶矩的代数和, 即

$$M = M_1 + M_2 + \cdots + M_i = \sum M_i \quad (1.3)$$

任务二 约束力与约束反力

我们可以把在空间自由运动, 位移不受任何限制(空气阻力忽略不计)的物体称为自由体, 如在空中飞行的飞机、火箭、热气球等。而大多数物体某些方向的位移往往受到限制, 这样的物体称为非自由体。对非自由体某些方向的位移起限制作用的周围称为约束。例如, 压力机的导轨是滑块的约束, 钢轨是列车的约束, 地面是建筑物的约束等。物体运动时必然对约束有作用力, 而约束同时给予物体以反作用力。这种约束对被约束物体的作用力称为约束反作用

力,简称约束反力亦即约束力。约束反力总是作用在约束与被约束物体的接触处,其方向与该约束所能限制的方向相反。

在工程实际当中遇到的约束类型有很多,我们把它归纳成四种典型的约束类型。

(1) 柔索约束

由绳索、链条、橡胶皮带等柔性物体所构成的约束称为柔索约束。这类约束只能承受拉力而不能承受压力,它只能限制物体沿柔索伸长方向的运动,而不能限制其他方向的运动。在不计自重的情况下,柔索约束反力方向总是沿柔索中心线且背离被约束物体,均为拉力,用符号“ T ”表示。如图 1.11 所示。

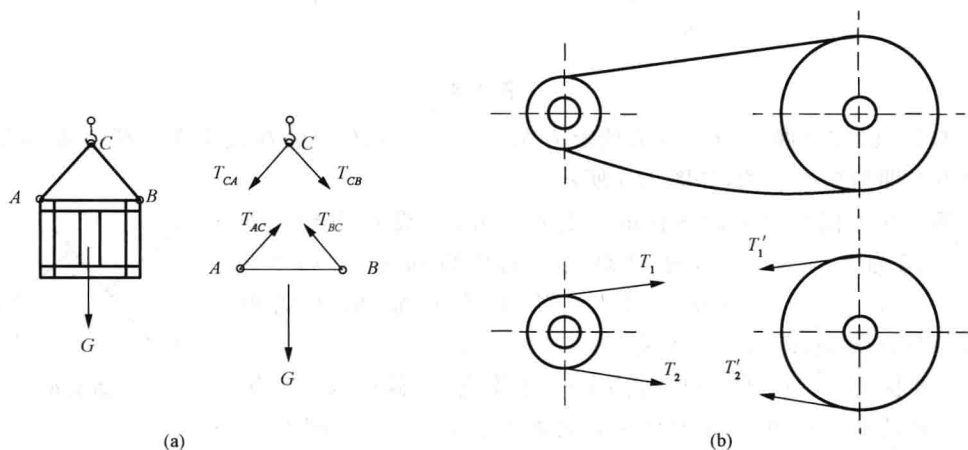


图 1.11

(2) 光滑接触面约束

当两物体接触面之间的摩擦力可以忽略不计时,这样构成的约束称为光滑接触面约束。光滑面的约束反力,通过接触点,其方向沿着光滑面的公法线指向研究对象,即约束反力为压力,用“ N ”表示。它只限制沿公法线压入物体内部方向的运动,除此外,它不限制其他任何方向的运动。如图 1.12 所示。

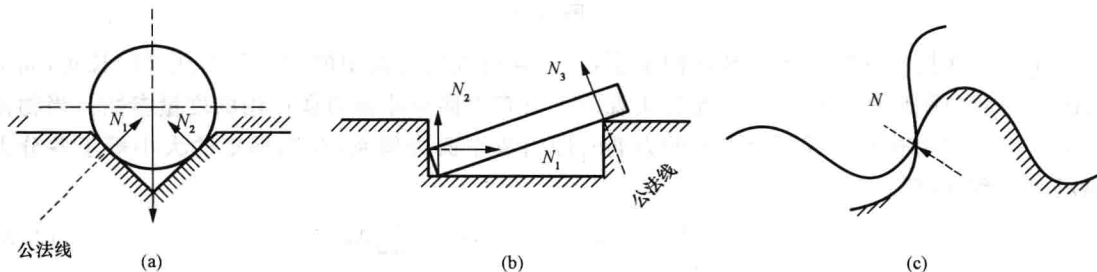


图 1.12

(3) 光滑圆柱铰链约束

由两个带圆孔的构件用光滑的销钉联接而成的机构称为光滑圆柱铰链约束。销钉和圆孔很光滑不计摩擦。这种约束的特点是:只能限制物体在垂直于销钉轴线的平面内沿任意方向移动,而不能限制物体绕圆柱销轴线的转动和平行于圆柱销轴线的移动。它在工程实际中有以下几种应用形式:

① 中间铰约束。用圆柱销钉穿入两个带有圆孔的构件 1 和构件 2 的圆孔中,即构成中间

铰,也可称链杆约束,它既能受拉又能受压。如图 1.13 所示。如门窗的合页、内燃机的曲柄连杆机构等。常用简图 1.13(b)表示。中间铰约束反力的特点:在垂直销钉轴线的平面内,通过铰链中心,方向待定,常用两个正交分解力 F_x 和 F_y 表示,方向为假定,如图 1.13(c)所示。

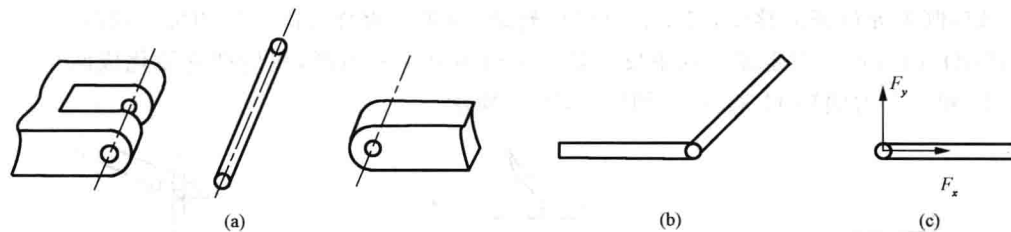


图 1.13

②固定铰链支座约束。若用铰链连接的两个构件中的一个构件固定在地面或机架上作底座,则称此约束为固定铰链支座约束,简称固定铰。如图 1.14(a)所示,通常用图 1.14(b)表示。约束反力特点与中间铰相同,如图 1.14(c)所示。

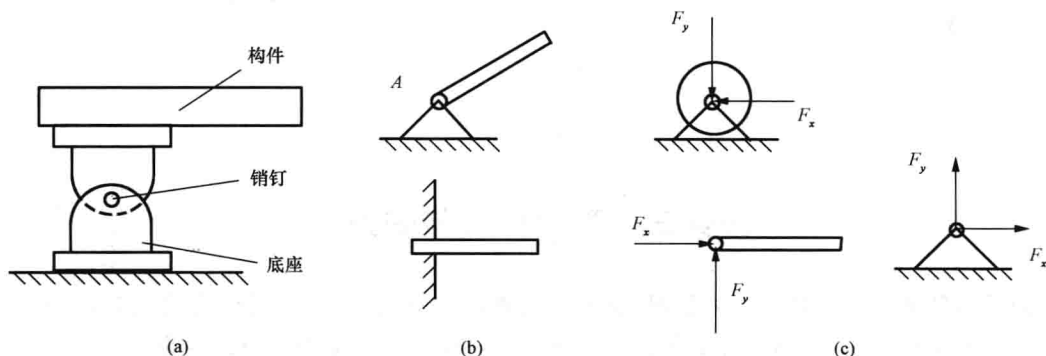


图 1.14

③活动铰链支座约束。若在固定铰链支座的底部装上几个可滚动的辊轴,并与光滑支承面相接触,即构成活动铰链支座,简称活动铰。如图 1.15(a)所示,常用简图 1.15(b)表示,约束反力特点见图 1.15(c)。活动铰链支座一般与固定铰链支座配合使用,广泛使用于桥梁、大型屋架等场所。这种约束只限制所支承的物体沿垂直于支承面方向的移动,而不限制物体沿支承面方向的移动和绕铰链销钉的转动,因此其约束反力过铰链中心,垂直于光滑支承面,指向待定,用“ F_N ”表示,如图 1.15(c)所示。

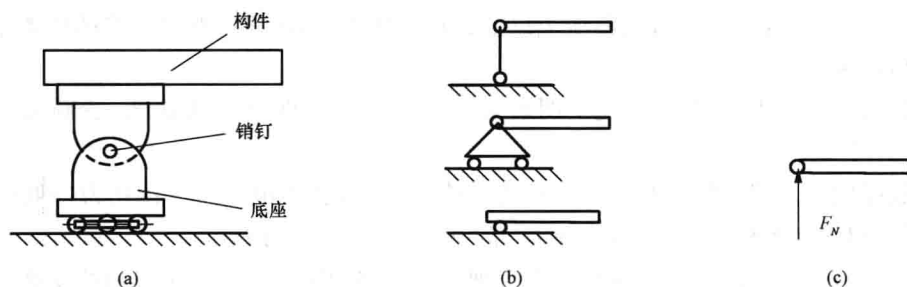


图 1.15

(4) 固定端约束

固定端约束又称为插入约束,在工程实际中得以广泛运用,如插入墙体的外伸阳台(俗称挑梁)、固定在刀架上的车刀、立于地面的电线杆、跳水用的跳板等,它们的共同特点是:机构一端被固定,既不允许任何移动,又不允许任何转动,这种约束称为固定端约束。如图 1.16 及简图 1.16(d)(e)所示。固定端的约束反力是一个较为复杂的力系,我们把它简化成两个正交分力 F_x 、 F_y 和一个力偶矩 M 来表示,如图 1.16(f)所示。

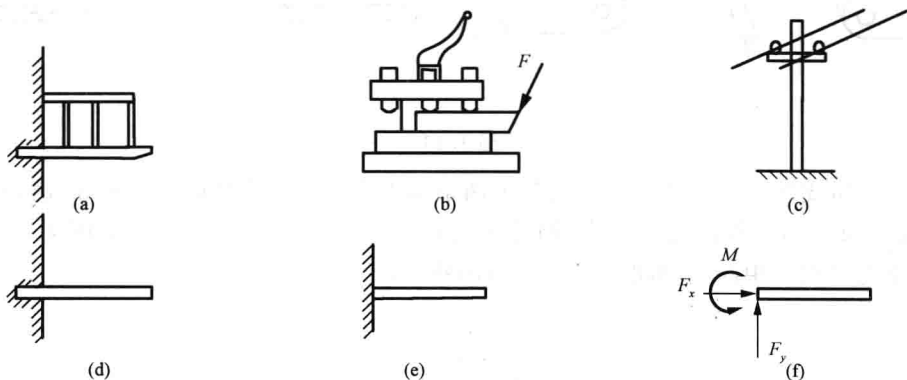


图 1.16

任务三 受力分析与受力图

为了清楚地表示物体的受力情况,就必须明确研究对象,在分析其受力情况时,可把它从所受的约束中分离出来,称为分离体。在分离体上画出全部主动力和全部约束反力,就成了物体的受力图。正确画出分离体的受力图,是解决静力学问题的基础和力学平衡计算的依据。画受力图的主要步骤如下:

①明确研究对象取分离体。根据题意及要求,确定研究对象,把它从与之相联系的周围物体中分离出来,保持和原图一致,单独画出来;

②画出全部主动力,不能改变、不能遗漏、也不能画与之完全无关的主动力;

③画出全部约束反力。

在去掉约束的地方,严格按照约束的类型及其反力的特点,画出所有必须画的约束反力。

在画约束反力时,应特别注意以下几点:

①首先分析它们的特点,将之归纳为以上典型约束类型,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要熟练使用规律的字母和符号记忆各个约束反力,对作用力与反作用力一般使用相同的字母,反作用力加上标“'”,如 F_{AB} 与 F_{AB}' 互为作用力与反作用力。

④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,已知两力作用线的交点,则第三力作用线必通过此交点。

⑤当分离体由几个物体组成物体系统时,常将系统内部各物体之间的相互作用力称为内力,而系统外的其他物体对系统内的每个物体作用的力称为外力。内力与外力是相对的,当选取的系统不同时,可以互相转换。在画物体系统的受力图时,约定只画外力不画内力。

例 1.3 如图 1.17(a)一球 E 放在用固定铰链支座联接的木板与光滑墙面之间,试画出球 E 的受力图。

解 (1)选取球 E 为研究对象,画出其分离体图。

(2)画主动力:在球心点 E 处画上重力 G 。

(3)画约束反力:球在 A 点给墙有一个压力,则墙对球有约束反力 F_{NA} ,垂直于墙面,沿公法线方向指向球心。由于球重力的作用在 B 点对木板有一个压力,则木板对球有约束反力 F_{NB} ,垂直于木板,沿公法线方向,指向球心。球受三个共面且不平行的力作用而平衡,这三个力的作用线必汇交于一点 E ,如图 1.17(b)所示。

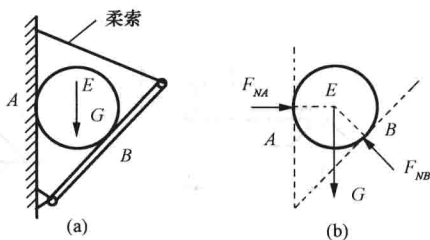


图 1.17

例 1.4 如图 1.18(a)所示,求作杆 BD 、 AC 、 CE 及整体的受力图。

解 (1)取 BD 杆为研究对象,画出其分离体图,杆 BD 是二力杆必须按二力平衡条件画出,如图 1.18(b)所示。

(2)取 AC 杆为研究对象,画出其受力图,如图 1.18(c)所示。

(3)取 CE 杆为研究对象,画出其受力图,如图 1.18(d)所示。

(4)取整体为研究对象,画出其受力图,这时 F_{BD} 与 F_{DB} 、 F_{BD}' 与 F_{DB}' 、 F_{CE} 与 F_{EC} 均为内力,画整个系统的受力图时,内力不画出,只画外力,如图 1.18(e)所示。

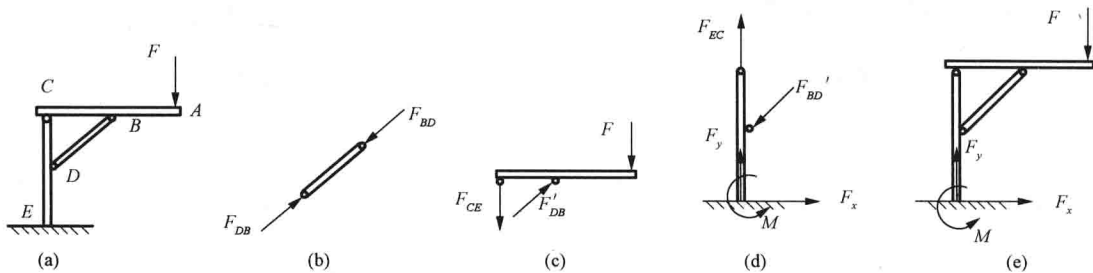


图 1.18

思考与练习

1. 力系的合力是否一定大于各分力? 为什么? 试举例说明。
2. 作用与反作用定律和二力平衡原理有何异同?
3. 什么是二力杆? 为什么在进行受力分析时要尽可能找出结构中的二力杆?
4. 在图 1.19 中,人字梯受水平力 F 在 D 点作用(顶部为中间铰链连接),是否可以沿其作用线平移到 E 点(用 F' 表示)而等效? 为什么?
5. 试计算图 1.20 中力 F 对 O 点的力矩。

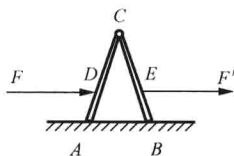


图 1.19

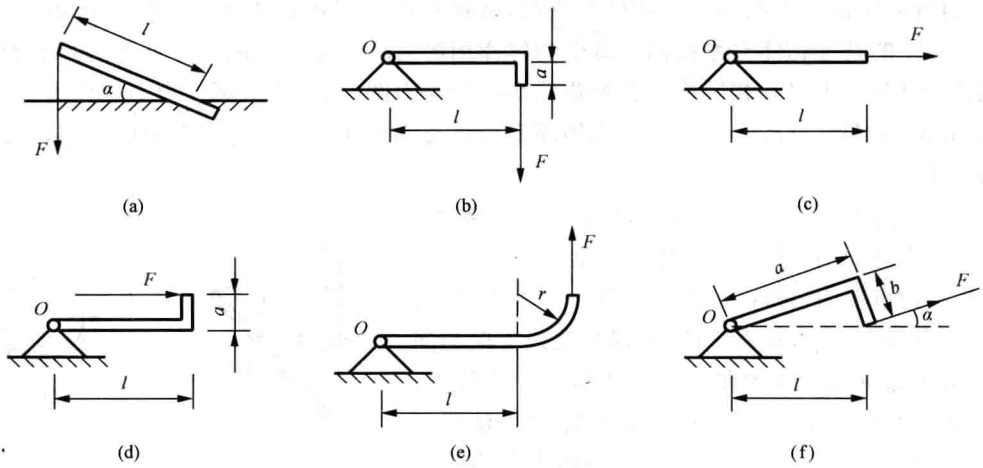


图 1.20

6. 在图 1.21 中, 已知 $AB=100\text{ mm}$, $BC=80\text{ mm}$, 若力 $F=100\text{ N}$, $\alpha=30^\circ$, 试分别计算力 F 对 A 、 B 、 C 、 D 各点的矩。

7. 钳工在攻丝时, 不能只用一只手扳动铰杠手柄, 否则丝锥容易折断, 为什么?

8. 在图 1.22 中, 轮盘在力偶 $M=F \cdot r$ 和力 F 的作用下处于平衡状态, 能否说力偶可以用力来平衡, 为什么?

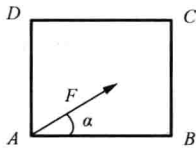


图 1.21

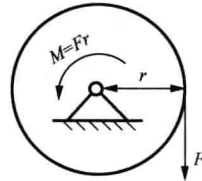


图 1.22