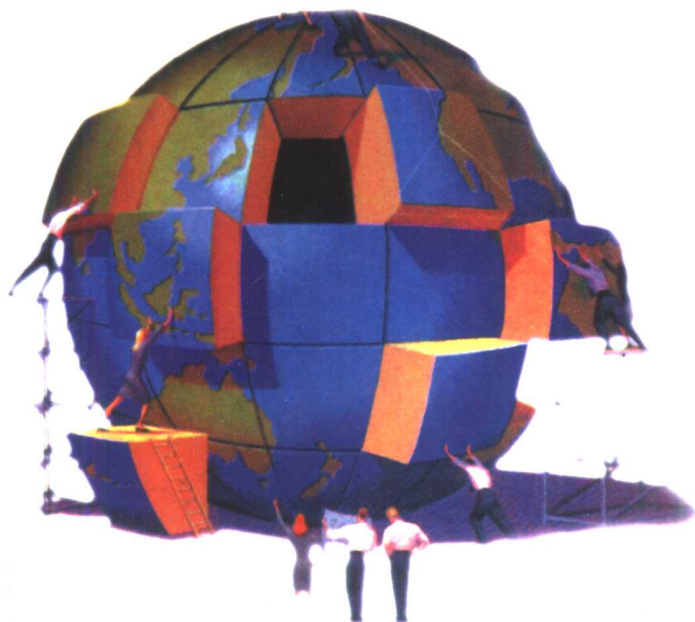


高等工程专科学校教材

工程力学

上册

蔡广新 主编
邹春伟



机械工业出版社

高等工程专科学校教材

工 程 力 学

上 册

蔡广新 邹春伟 主编
乔雅敏 主审



机械工业出版社

本书是在参照高等工程专科学校力学教学基本要求和总结各参编学校力学教学改革经验的基础上组织编写的。

本书分两篇,即静力学和材料力学,共十二章。每章后均有习题。书末附有习题答案。

本书采用现行国家标准、规范和我国法定计量单位。

本书与下册一起可作为高等工程专科学校理论力学、材料力学和工程力学等课程的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

工 程 力 学

上 册

蔡广新 邹春伟 主编

*

责任编辑:王世刚 冯 铎 版式设计:霍永明

封面设计:海之帆 责任校对:程俊巧

责任印制:王国光

*

机械工业出版社出版(北京市百万庄大街22号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 15 · 字数 362 千字

1999年5月第1版第1次印刷

印数 0 001—5000 定价:20.00 元

*

ISBN 7-111-06848-3/TB·269 (课)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

本书是在参照 1996 年国家教育委员会组织制定的高等工程专科学校力学教学基本要求和总结各参编学校力学教学改革经验的基础上组织编写的。本书与下册一起可作为高等工程专科学校理论力学、材料力学和工程力学等课程的教学用书。

本书力求贯彻“以应用为目的”“以必需、够用为度”和“掌握概念、强化应用”的原则，以提高读者分析问题和解决问题的能力为宗旨，对课程内容进行了精心选取和编排，体现了高等工程专科学校力学教学的应有特色。

参加本书编写的有承德石油高等专科学校蔡广新（第一、三章）、门长峰（第二、四章），长沙工业高等专科学校邹春伟（第五、六章）、王涛（第十一章），黑龙江交通高等专科学校张棘（第七章）、胡彦茹（第八、九章），长春汽车工业高等专科学校付振金（第十、十二章）。本书由蔡广新、邹春伟任主编。黑龙江交通高等专科学校乔雅敏担任本书主审。河北工程技术高等专科学校沈养中同志对初稿提出了不少宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中难免有不足或错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

1998 年 4 月

目 录

前言

第一篇 静 力 学

第一章 静力学基础	2
第一节 力的概念	2
第二节 静力学基本公理	3
第三节 约束与约束反力	5
第四节 受力分析 受力图	9
习题	10
第二章 平面基本力系	13
第一节 平面汇交力系合成与平衡的 几何法	13
第二节 平面汇交力系合成与平衡的 解析法	15
第三节 平面力对点之矩和力偶的 概念	20
第四节 力偶的性质 平面力偶系的 合成与平衡	21
习题	22
第三章 平面一般力系	26
第一节 力向一点平移	26
第二节 平面一般力系的简化	27
第三节 平面一般力系简化结果 分析 合力矩定理	29
第四节 平面一般力系的平衡方程及 应用	30
第五节 刚体系统的平衡问题	35
第六节 考虑摩擦时的平衡问题简介	38
第七节 滚动摩擦的概念	40
习题	41
第四章 空间力系 重心	45
第一节 力在空间直角坐标轴上的 投影	45
第二节 空间汇交力系的合成与平衡	47
第三节 力对轴之矩	48
第四节 空间任意力系的平衡方程式	49
第五节 重心的概念	53

第六节 重心坐标公式	53
第七节 重心及形心位置的求法	54
习题	57

第二篇 材 料 力 学

第五章 轴向拉伸与压缩	66
第一节 轴力 轴力图	66
第二节 横截面上的应力	68
第三节 拉(压)杆的变形	69
第四节 材料在拉伸时的力学性质	72
第五节 材料在压缩时的力学性质	76
第六节 拉(压)杆斜截面上的应力	77
第七节 拉(压)杆的强度计算	79
第八节 应力集中的概念	82
第九节 简单超静定问题	83
第十节 剪切和挤压的实用计算	88
习题	91
第六章 扭转	98
第一节 扭转时的内力	99
第二节 圆轴扭转时的应力和 强度计算	101
第三节 圆轴扭转时的变形和 刚度计算	106
习题	108
第七章 弯曲内力	112
第一节 平面弯曲的概念和实例	112
第二节 剪力和弯矩	113
第三节 剪力方程和弯矩方程 剪力图和 弯矩图	115
第四节 剪力、弯矩与载荷集度之间的微分 关系及其应用	119
第五节 用叠加法作剪力图和弯矩图	122
习题	124
第八章 梁的弯曲强度	127
第一节 纯弯曲梁横截面上的正应力	127
第二节 惯性矩	130

第三节 弯曲正应力强度条件及其 应用	134	——图解法	171
第四节 弯曲切应力简介	137	第四节 主应力与最大切应力	175
第五节 提高梁弯曲强度的措施	141	第五节 平面应力状态下的应力——应变 关系	180
习题	144	第六节 强度理论及其应用	183
第九章 梁的弯曲刚度	148	习题	186
第一节 挠度和转角	148	第十一章 组合变形	190
第二节 挠曲线近似微分方程	149	第一节 拉伸(压缩)与弯曲的组合	190
第三节 用积分法求梁的变形	150	第二节 弯曲与扭转的组合	193
第四节 用叠加法求梁的变形	154	习题	199
第五节 梁的刚度计算 提高梁弯曲 刚度的措施	157	第十二章 压杆稳定	202
第六节 简单超静定梁	160	第一节 压杆稳定的概念	202
习题	162	第二节 细长压杆临界载荷的确定	203
第十章 应力状态分析和强度 理论	165	第三节 临界应力的计算	208
第一节 点的应力状态	165	第四节 压杆稳定安全校核	213
第二节 平面应力状态分析 ——解析法	167	第五节 提高压杆承载能力的措施	218
第三节 平面应力状态分析		习题	221
		习题答案	225
		参考文献	232

第一篇 静 力 学

静力学主要研究物体平衡时作用于物体上的力所应满足的条件，即物体平衡的普遍规律。

所谓平衡，是指物体相对于地球表面保持静止或作匀速直线运动的状态。它是机械运动的特殊情况。比如，地面上的楼房、桥梁、石油钻井架、高压输电塔等建筑物，相对于地球表面都处于平衡状态。

实际上，宇宙间任何物质都在永恒地运动着，一切平衡都是相对的。上述在地面上看来是静止的建筑物或匀速直线运动的物体，都在随着地球而旋转，同时又参与了绕太阳公转的运动。因此，在研究物体的运动与静止平衡时，只有说明相对于所选的某参照系而言才有意义。

在工程实际中，平衡问题的研究，有着广泛的应用。例如房架、桥梁、机器中的主轴零件等，在对它们进行设计时，都可近似地看作处于平衡状态。首先需要进行静力学的分析计算，通过选择适用的材料，然后根据构件的强度、刚度以及稳定性要求，来确定构件的形状和尺寸，以满足结构的安全可靠性和经济合理性要求。因此，静力学在工程实际中具有重要的意义。

工程力学的研究对象往往相当复杂，在实际力学问题中，常需抓住一些带有本质性的主要因素，略去次要因素，从而抽象成力学模型来进行研究。实践表明，物体受力作用时总是要产生变形的。但如果这种变形非常小，在研究问题所允许的范围之内时，其变形可以不考虑或暂不考虑，此时我们可将该种物体当作不变形的物体——刚体。因此，刚体就成为静力学研究的主要对象。

第一章 静力学基础

第一节 力的概念

力的概念是人们在长期生活和生产实践中逐步形成的。经过科学的抽象，建立了力的概念：力是物体间的相互机械作用，这种作用使物体的运动状态和形状发生改变。

力对物体作用产生运动状态的改变，称为力的运动效应或称外效应；力使物体发生形状的改变，称为力的变形效应或称内效应。对于以刚体为研究对象时，主要研究力的外效应；对于以变形体为研究对象时，则既研究力的外效应，又研究力的内效应。

力对物体的效应（包括外效应和内效应）取决于力的大小、方向和作用点。这三者称为力的三要素。

力的大小是指物体间相互作用的强弱程度，可以根据力的效应大小来测定。其计量单位在国际单位制中规定为 N （有时以 kN 为单位）。

力的方向，是指力作用的方位和指向。比如说重力的方向是“铅垂朝下”。“铅垂”是重力的方位，“朝下”是力的指向。

力的作用点，是指力作用的位置。物体间的机械作用不外乎通过物体间的直接接触或是通过物质的一种形式——场而起作用的。实际上两个物体直接接触时，力的作用位置分布在一定的面积上，只是当接触面积相对较小时，才能抽象地将其看作集中于一点。这样的力称为集中力。不能抽象地看作集中力的力称为分布力。集中力的作用线是通过力的作用点，并沿着力的方位的直线，如图 1-1a 中 KK 线。

由于力既有大小，又有方向，所以力是矢量。它服从于矢量的运算法则。可以用一个带箭头的有向线段来表示，如图 1-1a 中所示的 F 力。有向线段的长度（按一定比例）表示力的大小，线段的方位 θ 角和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。当两物体间为拉力

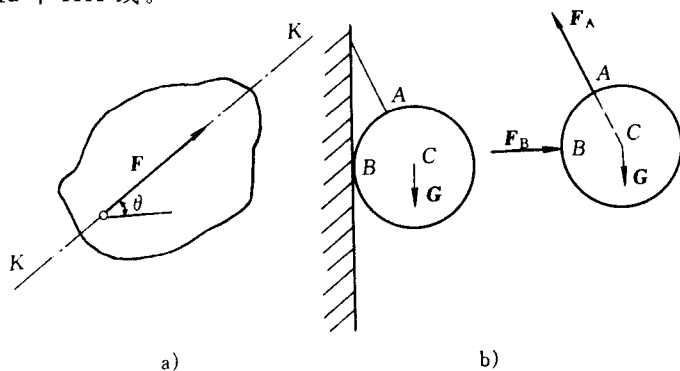


图 1-1

时，以线段的起点为作用点，如图 1-1b 中的 A 点所示，表示 F_A 的作用点。当两物体间为压力时，以线段的终点为作用点，如图 1-1b 中的 B 点所示，表示 F_B 的作用点。本书中，矢量均以黑斜体字表示，如 F 。

下面介绍与力的概念有关的几个名词。

我们把作用于同一物体上的一群力称为一个力系。如果刚体在一个力系作用下保持平衡，

则称这一力系为平衡力系。平衡力系中的各个力对刚体的外效应相互抵消。如果两个力系对同一刚体的效应相同，则称这两个力系等效，或者说其中一力系是另一力系的等效力系。如果一个力与一个力系等效，则该力就称为这个力系的合力，而力系中的各个力称为此合力的分力。

第二节 静力学基本公理

静力学基本公理是人类在长期生活和生产实践中积累经验的总结，又经过实践的反复检验，证明是符合客观实际的普遍规律而建立的基础理论。

公理一 二力平衡公理 作用在同一刚体上的两个力，欲使刚体保持平衡必要与充分条件是：这两个力大小相等，方向相反，作用在同一条直线上。简而言之：等值、反向、共线。

工程中经常遇到只受两个力作用而平衡的刚体，称为二力构件或二力杆。根据公理一，这两个力的作用线必定沿着两个力作用点的连线，且大小相等，方向相反。

需要指出的是，上述平衡条件只适用于刚体。对于变形体，上述条件是必要的，但不是充分的。例如图 1-2 所示的绳索，当承受大小相等、方向相反的拉力时可以平衡（图 1-2a）；但当承受大小相等、方向相反的压力时，则不能保持平衡（图 1-2b）。

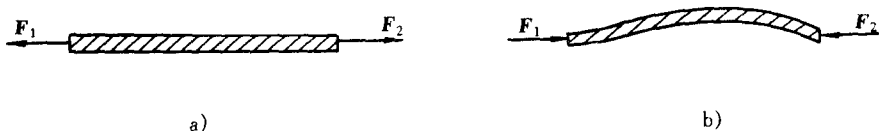


图 1-2

公理二 加减平衡力系公理 在刚体上作用有某一力系时，若再加上或减去一个平衡力系后，并不改变原有力系对刚体的作用效应，即与原有力系等效。

根据这一公理，可以得到作用于刚体上的力的一个重要性质——力的可传性原理，即作用于刚体上的力，可以沿着其作用线任意移动，而不改变力对刚体作用的外效应。

证明：设作用于刚体上 A 点的力为 F ，如图 1-3 所示。在力的作用线上任取一点 B ，按公理二，在 B 点沿力的作用线加上一对相互平衡的力 F_1 和 F_2 ，且令其大小都等于 F ，则这样不改变原有力 F 对刚体的效应。同时看到，由 F 、 F_1 、 F_2 组成的力系中， F 与 F_2 也是一个平衡力系。按公理二除去这个平衡力系，仍不改变力 F_1 对刚体的效应。于是可知 F_1 与 F 对刚体的效应相同，即 F_1 与 F 具有相同的作用线、相同的大小和相同的方向。这就相当于把作用于 A 点的力 F 沿着作用线移到了任取的一点 B 。于是力的可传性得到证明。

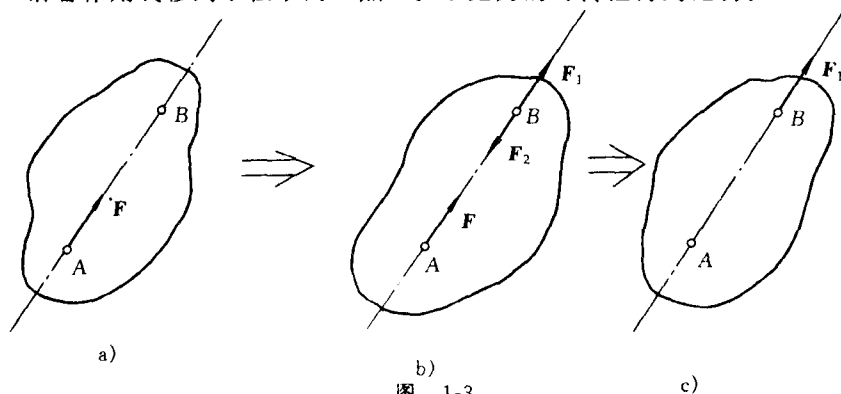


图 1-3

公理三 力的平行四边形公理 作用于刚体上某点 A (或作用线交于 A 点) 的两个力 F_1 、 F_2 ，可以合成为一个力，这个力称为 F_1 和 F_2 的合力。合力的大小、方向、作用线由以这两个力为邻边所组成的平行四边形的对角线来决定。

设在刚体上某点 A 作用有 F_1 、 F_2 两个力，如图 1-4 所示，则其合力 R 的大小、方向是以 F_1 、 F_2 为邻边作出的平行四边形的对角线，由 A 指向 D 来表示。用矢量式表示为

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

即合力 R 等于 F_1 和 F_2 两个分力的矢量和。

力平行四边形的作图法，可用更简单的作图法代替，如图 1-5 所示。只要以力矢量 F_1 的终端 B ，作为力矢量 F_2 的起端，连接 F_1 的起端 A 与 F_2 的终端 D ，即代表合力 R 。三角形 ABD 称为力三角形。用力三角形求合力的方法称为力三角形法则。如果先作 F_2 ，再作 F_1 ，则并不影响合力的大小和方向。

若已知 F_1 、 F_2 和 α ，也可从力三角形 ABD 中具体计算合力 R 的大小和方向。

合力 R 的大小用余弦定理决定

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2\cos(\pi - \alpha)}$$

合力 R 的方向用正弦定理决定

$$\frac{R}{\sin(\pi - \alpha)} = \frac{F_1}{\sin(\alpha - \varphi)} = \frac{F_2}{\sin\varphi}$$

所以

$$\sin\varphi = \frac{F_2}{R}\sin\alpha$$

其中 α 、 φ 分别为 F_1 与 F_2 和 R 与 F_1 的夹角。

三力平衡汇交定理 作用于刚体上同一平面内的三个不平行的力，如果使刚体处于平衡，则该三力的作用线必定汇交于一点。

证明：设作用在刚体上同一平面内有三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 ，如图 1-6 所示。力 F_1 和 F_2 的作用线相交于 O 点。根据力的可传性原理，将 F_1 和 F_2 分别沿作用线移到 O 点，按公理三可求出它们的合力 R ，这一合力通过两力的交点，并在两力所作用的平面上。这时，在刚体上就可看成受 R 和 F_3 两个力作用。当刚体处于平衡时，根据公理一，此二力必等值、反向、共线。既然 R 通过 O 点，则 F_3 也必通过 O 点，亦即 F_1 、 F_2 、 F_3 三个力的作用线都通过 O 点。

三力平衡汇交定理是共面的三力平衡的必要条件，但不是充分条件。它为刚体的受力分析、确定未知力的方向，提供了一种简捷的方法。

公理四 作用与反作用公理 两物体之间相互作用的力，总是同时存在，两者大小相等，方向相反，沿同一条直线，

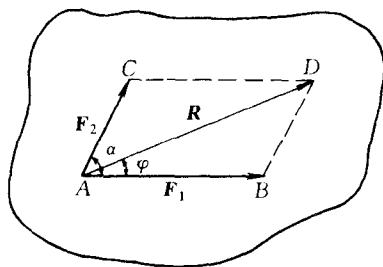


图 1-4

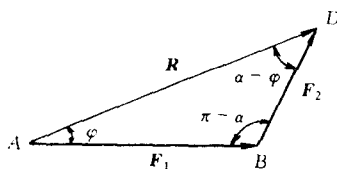


图 1-5

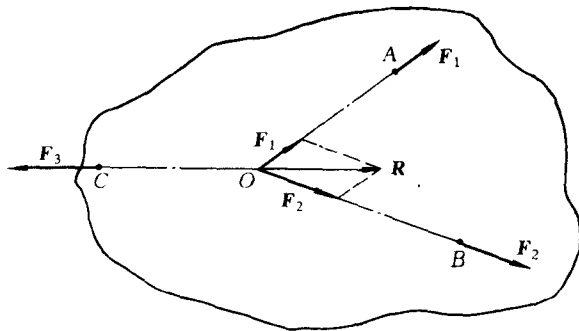


图 1-6

分别作用在两个物体上。

该公理表明两物体之间所发生的机械作用一定是相互的，即作用力与反作用力必须同时成对出现，同时存在也同时消失。这种物体之间的接触关系——相互作用力关系，是分析物体受力时必须遵循的原则，它为研究由一个物体过渡到多个物体组成的物系问题提供了基础。

公理五 刚化公理 如果变形体在已知力系作用下处于平衡，此时将变形体刚化成为刚体，则平衡不受影响。

刚化公理也称为变形体平衡公理，即变形体只有在平衡的前提下才能刚化为刚体。

图 1-7 所示的一根软绳 AB ，在 F_1 与 F_2 两个拉力作用下处于平衡。此时将软绳刚化成为刚体，则平衡不受影响。如果 F_1 、 F_2 为两端的压力，则软绳就不可能保持平衡。反之，当刚体杆受 F_1 与 F_2 压力而平衡时，若将刚体杆变为软绳，则不能保持平衡。

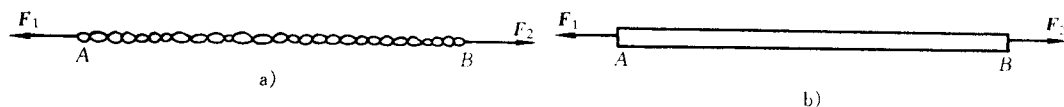


图 1-7

由此可知，刚体的平衡条件，对于变形体而言是平衡的必要条件而不是充分条件，即变形体的平衡条件包括了刚体的平衡条件。因此，把处于平衡的变形体刚化为刚体，可进而应用刚体静力学的全部理论。由此可以看出，刚体静力学对研究变形体平衡的重要性。

第三节 约束与约束反力

凡能在空间自由运动的物体称为自由体，如空中自由飞行的小鸟、飞机等。它们的运动位移不受任何限制。凡因受到周围物体的阻碍、限制而不能自由运动的物体称为非自由体。它们的运动位移受到了预先给定条件的限制。如蒸汽机中的活塞，受到汽缸的限制，只能在汽缸中作往复运动。火车只能在轨道上行驶等。在力学中，把对于物体运动所加的限制条件称为约束。在静力学中，约束总是以物体间相互接触的方式构成的。如汽缸对于活塞、轨道对于火车都构成约束。习惯上，往往把周围接触的对象也称为约束。

约束限制物体的运动，因此，约束必然承受物体的作用力；同时，约束给予物体以等值、反向的反作用力，这种力称为约束反作用力，简称为约束反力。约束反力属于被动力，是未知的力，它的方向总是与物体的运动趋势方向相反，作用在约束与被约束物体的接触点上。约束反力指向物体表示为压力，背离物体表示为拉力。

与约束反力性质相反，那些能主动地改变物体运动状态的力，或使物体产生运动趋势的力，称为主动力。如重力、风力、水压力、切削力等。在工程设计中称为载荷，一般情况是根据设计要求给定。主动力往往是已知的力。

静力学主要研究非自由体的平衡问题，物体在已知的主动力作用下，未知的约束反力是需要求解的。正确地判断约束反力，是静力学解题中至关重要的问题。约束反力取决于约束本身的性质、主动力的作用情况和物体的运动状态。

下面介绍几种常见的约束类型，指出如何判断约束反力的某些特征。

一、光滑接触面约束

光滑平面或曲面若构成对物体运动限制时，称为“光滑接触面约束”。例如，活塞在汽缸

中垂直方向的运动受到限制；两个齿轮啮合时，啮合齿面可以在两渐开线齿面的切线方向发生相对滑动，而接触面法线方向的位移受到了限制。

光滑接触面约束由于接触面非常光滑，摩擦力可以略去不计时，这类约束不限制物体沿约束表面切线方向的位移，但接触面法线方向的位移受到了限制。因此，光滑接触面约束的约束反力通过接触点沿着公法线方向并指向被约束物体，为压力，用 F_N 来表示，如图 1-8 所示。

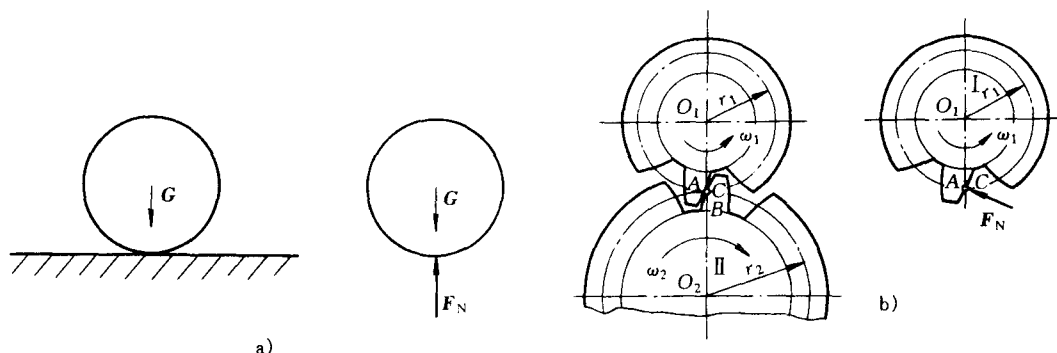


图 1-8

二、柔性约束

绳索、平带、链条等物体若忽略其刚性和重量，则将其视为柔体。由于柔性约束只限制物体沿着柔体伸长方向的运动，承受拉力，不能承受压力或弯曲，所以柔体的约束反力必定是沿着柔体的中心线且背离被约束物体的拉力。如图 1-9b 钢丝绳吊起钻杆，钢丝绳对钻杆的约束反力 F_A 表示为拉力。

在工程实际中，对于柔性约束，还要根据不同的工作原理，结合工程实际，进行具体分析，以便正确地判断柔体的约束反力。下面分为三种情况来分析：

一是滑轮，如图 1-9a 所示，绳索和滑轮之间光滑无摩擦，滑轮两侧绳索的拉力相等，皆为 $\frac{G}{2}$ 。

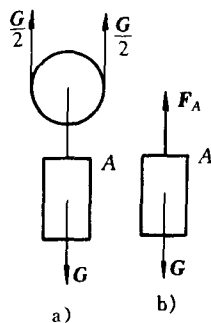


图 1-9

二是带轮，如图 1-10 所示，平带和带轮之间是依靠摩擦来传递运动的。分析带轮 A 两侧的约束反力时，都是拉力，但大小不等。在安装带时，平带中有一个初拉力 F_0 。带轮旋转后，紧边拉力为 $F_1 > F_0$ ，松边拉力为 $F_2 < F_0$ ，但 $F_2 > 0$ 仍为拉力，而不是压力。当 $F_2 \leq 0$ 时，平带将打滑不能传递运动。

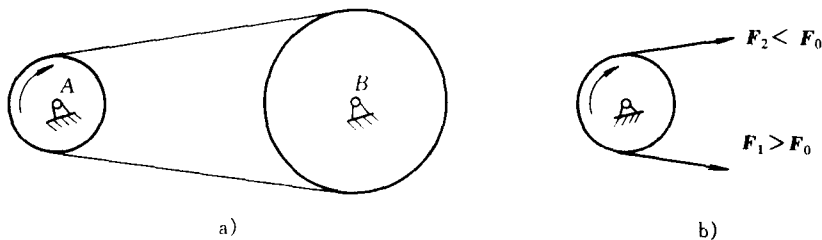


图 1-10

三是链轮，如图 1-11 所示自行车链条和链轮之间是依靠啮合来传递动力和运动的，啮合拉紧的一边为拉力，脱离啮合的一边放松不受力，如图 1-11b 所示。

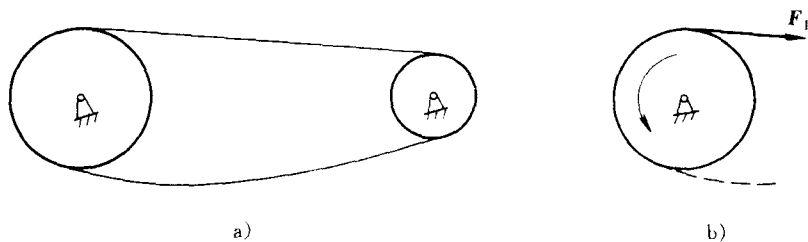


图 1-11

三、光滑圆柱铰链约束

图 1-12 中两个构件 A 、 B 的连接是通过圆柱销钉 C 或圆柱形轴来实现的，这种使构件只能绕销轴转动的约束称为圆柱铰链约束。这类约束能够限制构件沿垂直于销钉轴线方向的相对位移。若将销钉和销孔间的摩擦略去不计而视为光滑接触，则这类铰链约束称为光滑铰链约束，简图表示为如图 1-12b 所示。

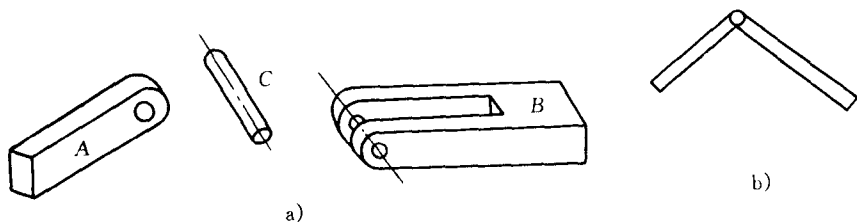


图 1-12

由于销钉与销孔之间看成光滑接触，根据光滑接触面约束反力的特点，销钉对构件的约束反力应沿着接触点处的公法线方向，且通过销孔的中心（如图 1-13a）。但接触点的位置不能预先确定，它随着构件的受力情况而变化。为计算方便，约束反力通常用经过构件销孔中心 O 点的两个正交分力 F_x 和 F_y 来表示，如图 1-13b 所示。

四、铰链支座约束

1. 固定铰链支座

用圆柱铰链连接的两个构件，如果其中有一个固结于地面或机器上，则该支座称为固定铰链支座，如图 1-14a 所示。计算时可用简图 1-14b 表示。铰链支座的约束反力在垂直于圆柱销轴线的平面内并通过物体销孔中心，方向不定。仍表示为正交的两个分力 F_x 和 F_y 。

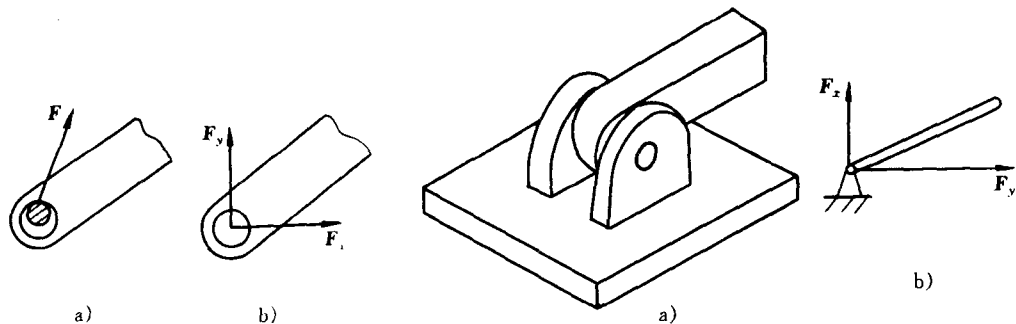


图 1-13

图 1-14

2. 滚动铰链支座

如果在铰链支座和光滑支承面之间用几个辊轴或滚柱连接, 就成为滚动铰链支座, 如图 1-15a 所示, 计算简图如图 1-15b 所示。

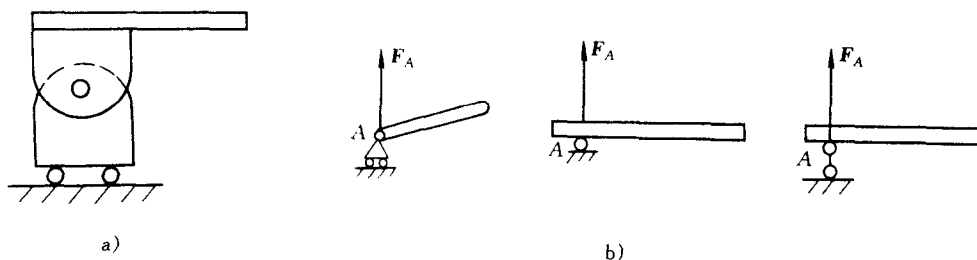


图 1-15

这类支座不能限制被约束物体沿光滑支承面移动, 只能限制构件沿垂直于支承面方向移动, 因而滚动铰链支座约束反力的方向垂直于支承面且过物体销孔中心。如图 1-15b 所示。

五、轴承约束

机器中都有旋转的轴。轴被轴承所支承, 所以轴承是轴的约束。常用的有向心轴承和向心推力轴承。

1. 向心轴承

图 1-16 所示为向心轴承的平面简图。轴承限制了轴在垂直于轴线平面内的径向移动, 但轴仍在轴承内转动。于是约束反力通过轴心, 方向不定。这个力也可以用两个相互垂直的正交分力来表示。通常用空间力系 F_x 和 F_z 来表示。

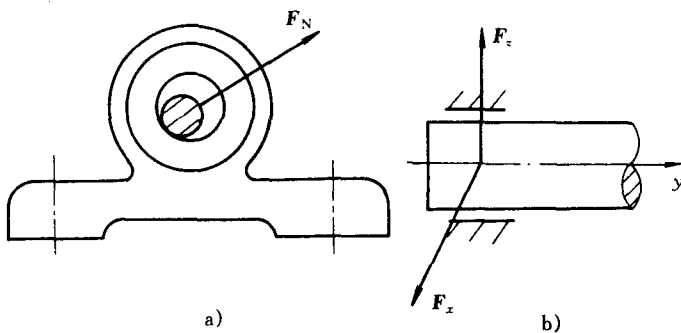


图 1-16

2. 向心推力轴承

图 1-17 所示为向心推力轴承的平面简图。与向心轴承相似的是, 轴承同样限制了轴在垂直其轴线平面内的径向移动; 与向心轴承不同的是, 轴承还限制了轴沿轴线方向的运动。于是约束反力通过轴心 O 点用三个互相垂直的正交分力来表示, 通常用空间力系形式, 如图 1-17b 中 F_x 、 F_y 和 F_z 所示。

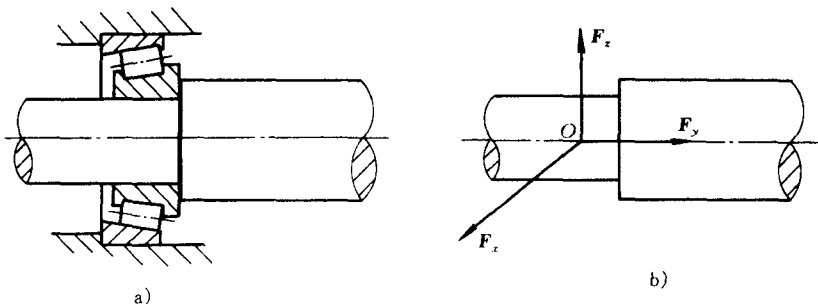


图 1-17

第四节 受力分析 受力图

受力分析时所研究的物体称为研究对象。在解决工程实际问题时，首先要选定研究对象，然后分析它受哪些力的作用，即进行受力分析。为了把研究对象的受力情况清晰地表示出来，必须将所确定的研究对象从周围物体中分离出来，单独画出简图，然后将其它物体对它作用的所有主动力和约束反力全部表示出来，这样的图称为受力图或分离体图。具体步骤如下：

1) 根据已知条件和题意要求，选择合适的研究对象，它可以是一个物体，也可以是几个物体的组合，或者是整个物体系统。所谓选择合适的研究对象，是指在研究对象内具有主动力作用，并能与所求未知量有直接联系，或能与所求未知量逐步发生联系的物体作为研究对象。

2) 根据外加载荷以及研究对象与周围物体的接触联系，在分离体图上画出主动力和约束反力。画约束反力时要根据约束类型和性质画出相应的约束反力的作用位置和作用方向。

3) 在物体受力分析时，还要考虑物体的平衡与否。对于静力学平衡问题，应根据静力学基本公理和力的性质，如二力平衡公理、三力平衡汇交定理、作用与反作用公理以及力偶平衡的性质等，来正确地判定约束反力的作用位置和作用方向。

下面举例说明。

例 1-1 水平梁 AB 两端用固定支座 A 和活动支座 B 支承，如图 1-18a 所示，梁在中点 C 处承受一斜向集中力 F ，与梁成 α 角，若不考虑梁的自重，试画出梁 AB 的受力图。

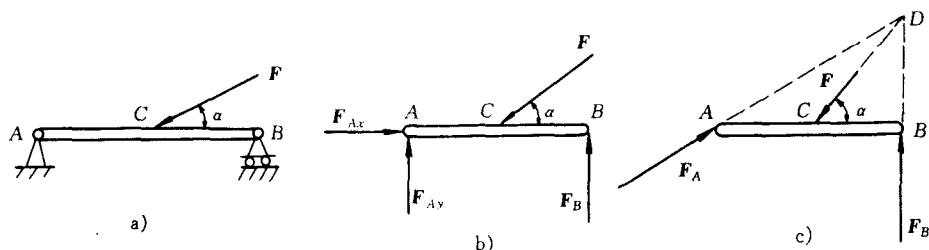


图 1-18

解 取梁 AB 为研究对象。作用于梁上的力 F 为集中力， B 端是活动支座，它的支座反力 F_B 垂直于支承面铅垂向上， A 端是固定支座，约束反力用通过 A 点的互相垂直的两个正交分力 F_{Ax} 和 F_{Ay} 表示。受力图如图 1-18b 所示。

梁 AB 的受力图还可以画成图 1-18c 所示。根据三力平衡汇交定理，已知力 F 与 F_B 相交于 D 点，则其余一力 F_A 也必交于 D 点，从而确定约束反力 F_A 沿 A 、 D 两点连线。

例 1-2 如图 1-19a 所示的结构，由 AB 和 CD 两杆铰接而成，在 AB 杆上作用有载荷 F 。设各杆自重不计， α 角已知，试分别画出 AB 和 CD 杆的受力图。

解 首先分析 CD 杆的受力情况。由于 CD 杆自重不计，只有 C 、 D 两铰链处受力，因此， CD 杆为二力杆。在 C 、 D 处分别受 F'_C 和 F'_D 两力作用，根据二力平衡条件 $F'_C = F'_D$ ，如图 1-19b 所示。

然后取 AB 杆为研究对象。 AB 杆自重不计， AB 杆在主动力 F 作用下，有绕铰链 A 转动的趋势，但在 C 点处有 CD 杆支撑，给 CD 杆的作用力为 F'_C 。根据作用与反作用公理，给 AB 杆的反作用力 F_C ， $F_C = F'_C$ 。杆 AB 在 A 处为固定铰链支座，约束反力用两个正交分力 F_{Ax} 和 F_{Ay} 表示，如图 1-19c 所示。

也可采用下述方法进行受力分析。由于 AB 杆在 F 、 F_C 和 F_A 三力作用下平衡, 根据三力平衡汇交定理, F 和 F_C 二力作用线的交点为 E , F_A 的作用线也必通过 E 点, 从而确定了铰链 A 处的约束反力, 如图 1-19d 所示。

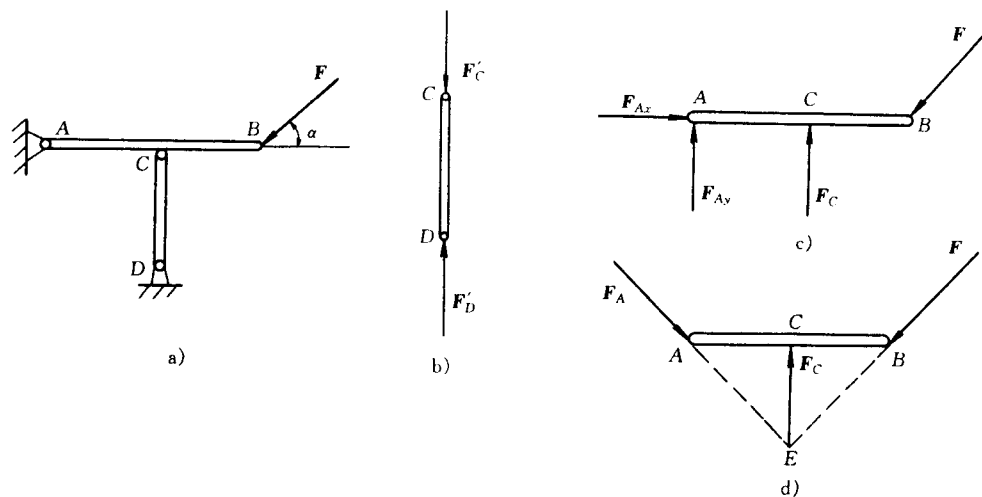


图 1-19

习 题

1-1 画出图 1-20 所示球及物块的受力图。

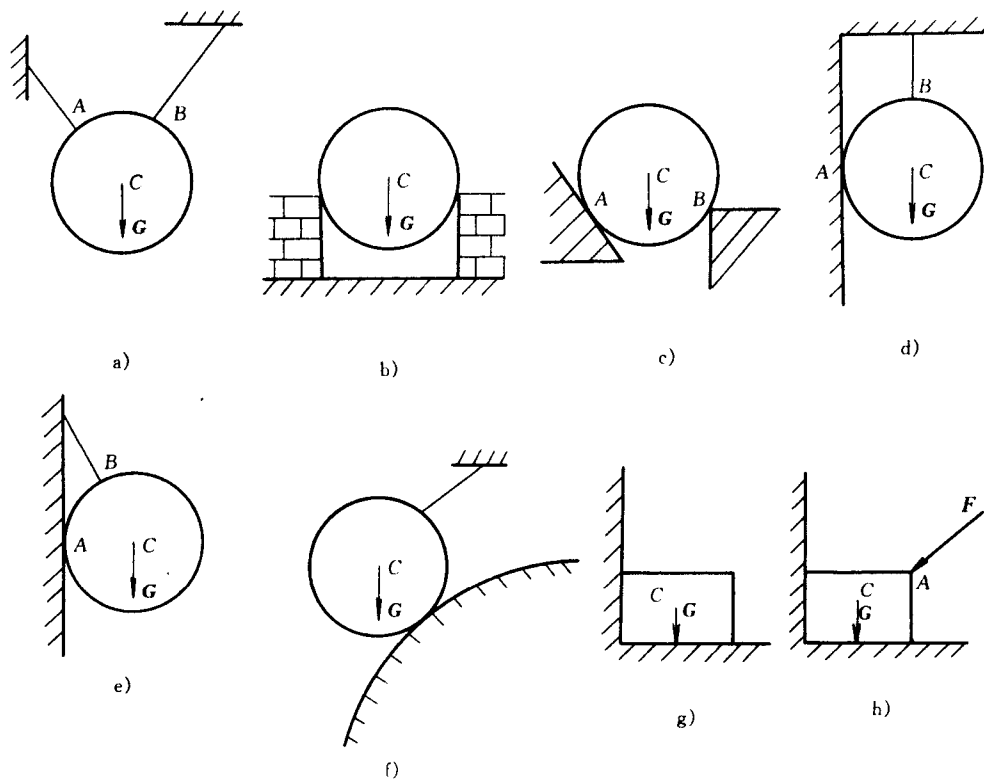


图 1-20

1-2 画出图 1-21 所示 AB 杆的受力图。

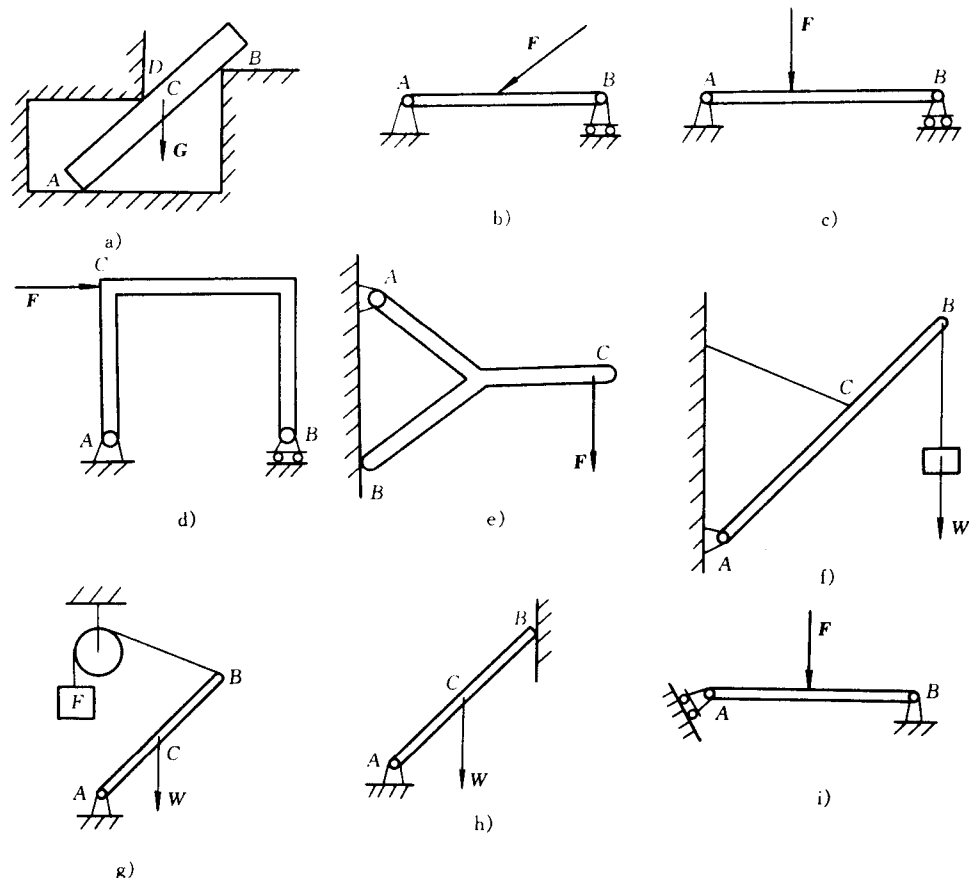


图 1-21

1-3 画出图 1-22 所示各图的外力节点和各杆受力图。

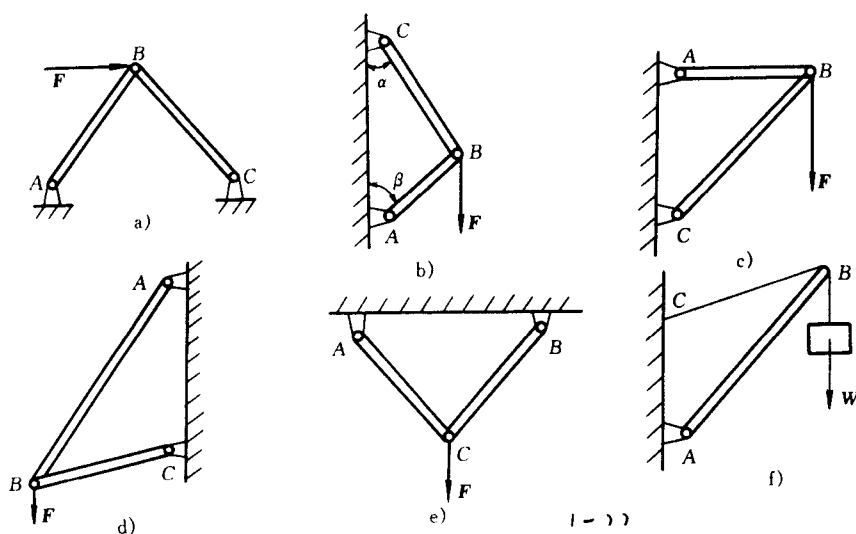


图 1-22