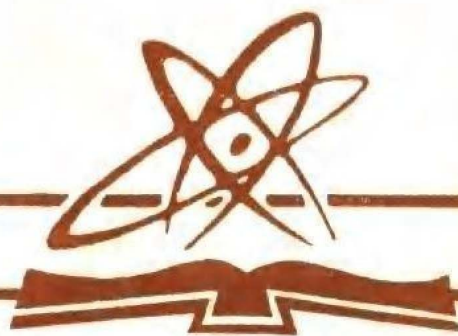


工 程 力 学

成都无线机械学校 编

国防工业出版社



内 容 提 要

本书分为四篇：第一篇为静力学，介绍物体的受力分析和在各种力系作用下的平衡条件；第二篇为运动学，介绍点的运动、刚体的平动和转动、运动的合成与分解；第三篇为动力学，介绍质点动力学基本定律、动静法、刚体转动动力学方程、功和功率、动能定理及机械振动的基本知识；第四篇为材料力学，介绍杆件在拉压、剪切、扭转、弯曲时的强度和刚度问题以及应力状态、强度理论、组合变形、压杆稳定性和构件疲劳破坏等基本知识。

本书可供中等专业学校机械制造专业教学使用。也可供有关工程技术人员参考。

工 程 力 学

成都无线电机械学校 编

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张20 465千字

1979年12月第一版 1979年12月第一次印刷 印数：00,001—32,000册

统一书号：15034·1950 定价：1.60元

前 言

工程力学是机械制造专业的一门技术基础课。它应用已有的物理、数学等基础知识来研究物体机械运动的一般规律，以及构件强度、刚度与稳定性的规律，为解决工程技术中的力学问题提供必要的基础知识。

本书是根据中等专业学校无线电机械制造专业 180 学时的工程力学教材编写大纲而编写的。书中注有 * * 的内容和每章所附习题，可根据教学实际情况选用。

本书由成都无线电机械学校王裕炘、袁世民、程汉章、王仁枢、朱仲山五位同志编写。全书经贵州无线电学校李永祥、田承菊、贡宝根三位同志审阅。

由于编者水平有限，经验不足和编写时间仓促，本书难免存在缺点和错误，欢迎读者批评指正。

目 录

第一篇 静 力 学

第一章 静力学的基本概念和受力图.....1	第三节 平面任意力系简化结果的分析.....41
第一节 力的概念.....1	第四节 平面任意力系的平衡方程.....42
第二节 静力学公理.....2	第五节 平面平行力系的平衡方程.....46
第三节 约束与约束反力.....4	第六节 静定与静不定问题的概念.....48
第四节 受力图.....6	第七节 物系的平衡.....48
习题.....9	习题.....51
第二章 平面汇交力系.....12	第五章 摩擦.....56
第一节 平面汇交力系合成与平衡的几何法.....12	第一节 滑动摩擦.....56
第二节 力的分解.....16	第二节 考虑摩擦时的平衡问题.....58
第三节 平面汇交力系合成的解析法.....17	第三节 自锁.....61
第四节 平面汇交力系的平衡方程.....19	第四节 滚动摩擦的概念.....63
习题.....22	习题.....64
第三章 力对点的矩和力偶.....25	第六章 空间力系.....67
第一节 力对点的矩.....25	第一节 力在空间直角坐标轴上的投影.....67
第二节 合力矩定理.....26	第二节 力对轴的矩.....68
第三节 力矩平衡条件.....27	第三节 空间力系的平衡方程.....69
第四节 力偶及力偶矩.....30	习题.....73
第五节 力偶的性质.....31	第七章 重心.....75
第六节 平面力偶系的合成与平衡条件.....33	第一节 重心的坐标公式.....75
习题.....35	第二节 形心、面积矩.....76
第四章 平面任意力系.....39	第三节 用分割法求重心.....77
第一节 力线平移定理.....39	第四节 用实验法求重心.....79
第二节 平面任意力系的简化.....40	习题.....80

第二篇 运 动 学

第八章 运动学的基本概念和点的运动.....81	第三节 绕定轴转动刚体内各点的速度与加速度.....98
第一节 决定点的运动的基本方法.....81	第四节 绕定轴转动刚体的传动问题.....101
第二节 点的直线运动方程、速度与加速度.....83	习题.....102
第三节 点在曲线运动中的速度与加速度的自然表示法.....87	第十章 点的合成运动.....104
第四节 速度与加速度的直角坐标表示法.....90	第一节 绝对运动、相对运动和牵连运动.....104
习题.....94	第二节 速度合成定理.....104
第九章 刚体的基本运动.....96	习题.....108
第一节 刚体的平动.....96	第十一章 刚体的平面运动.....110
第二节 刚体绕定轴的转动.....97	第一节 平面运动分解为平动与转动.....110

第二节	平面图形内各点的速度	112	习题	117
第三节	瞬时速度中心	114		

第三篇 动力学

第十二章	动力学的基本概念和 质点动力学	119	第二节	变力的功	144
第一节	动力学基本定律	119	第三节	合力的功	144
第二节	质点的运动微分方程	121	第四节	几种常见力的功	145
第三节	质点动力学第一类基本问题	121	第五节	功率	148
第四节	质点动力学第二类基本问题	124	第六节	机械效率	150
第五节	惯性力、质点的达朗伯原理	126	习题	152	
习题	129	第十五章	动能定理	154	
第十三章	质点系动力学基础	132	第一节	质点的动能及动能定理	154
第一节	刚体平动时的动力学方程	132	第二节	质点系的动能及动能定理	156
第二节	刚体绕定轴转动的动力学方程	133	第三节	势能(位能)、机械能守恒定律	160
第三节	转动惯量	134	习题	162	
第四节	刚体转动动力学方程的应用	137	第十六章	机械振动的基本知识	165
习题	141	第一节	质点的自由振动	165	
第十四章	功与功率	144	第二节	质点的受迫振动	170
第一节	不变力的功	144	第三节	振动的防止、减轻与利用	175
			习题	176	

第四篇 材料力学

第十七章	材料力学的基本概念	178	第四节	许用应力和安全系数	197
第一节	材料力学的任务	178	第五节	拉伸(压缩)时的强度计算	198
第二节	变形固体及其基本假设	178	第六节	拉伸(压缩)时的静不定问题	200
第三节	弹性变形和塑性变形	179	习题	204	
第四节	杆件变形的基本形式	179	第二十章	剪切	207
习题	180	第一节	剪切的概念及实例	207	
第十八章	拉伸和压缩时的 应力与变形	181	第二节	剪切的应力与变形、剪切虎克定律	207
第一节	拉压概念及实例	181	第三节	剪切和挤压的实用计算	208
第二节	拉压内力及轴力图	181	习题	212	
第三节	横截面上的正应力	183	第二十一章	圆轴的扭转	213
第四节	拉压变形、虎克定律和横向 变形系数	185	第一节	圆轴扭转的概念及实例	213
习题	189	第二节	外力偶矩、扭矩和扭矩图	213	
第十九章	拉伸和压缩时材料的机械 性质和强度计算	191	第三节	圆轴扭转时横截面上的应力	215
第一节	材料在拉伸时的机械性质	191	第四节	极惯性矩和抗扭截面模量	217
第二节	材料在压缩时的机械性质	194	第五节	圆轴扭转时的变形	218
第三节	拉(压)杆斜截面上的应力分析	195	第六节	圆轴扭转时的强度条件和 刚度条件	219
			第七节	密圈螺旋弹簧的应力和变形计算	221
			习题	224	

第二十二章 直梁的弯曲强度226

第一节 平面弯曲的概念及实例226

第二节 梁的内力——剪力与弯矩228

第三节 弯矩、剪力和载荷集度间的关系235

第四节 纯弯曲时横截面上的正应力238

第五节 轴惯性矩的计算241

第六节 弯曲正应力强度条件247

第七节 梁的合理截面251

第八节 梁的剪应力计算253

第九节 等强度梁的概念257

习题259

第二十三章 直梁的弯曲刚度263

第一节 梁的变形263

第二节 弹性曲线的近似微分方程264

第三节 用积分法求梁的变形265

第四节 用迭加法求梁的变形268

第五节 静不定梁的概念272

习题272

第二十四章 应力状态和强度理论275

第一节 应力状态的概念275

第二节 平面应力状态276

第三节 广义虎克定律284

第四节 强度理论的概念286

习题289

第二十五章 组合变形时杆件的强

度计算291

第一节 组合变形的概念291

第二节 弯曲与拉伸(压缩)组合时的

强度计算291

第三节 圆轴在弯曲与扭转组合时的

强度计算293

习题297

第二十六章 压杆稳定299

第一节 压杆稳定性的概念299

第二节 确定临界力的欧拉公式300

第三节 欧拉公式的适用范围和超过比例

极限时压杆的临界应力302

第四节 压杆的稳定计算303

第五节 提高压杆稳定性的途径305

习题306

第二十七章 动荷应力和交变应力307

第一节 动载荷的概念307

第二节 构件作匀加速直线平动时

应力的计算307

第三节 构件作匀速定轴转动时的

应力计算308

第四节 交变应力、循环特征309

第五节 构件在交变应力下的破坏特点311

第六节 材料的持久极限和影响构件

持久极限的主要因素311

第七节 提高构件疲劳强度的措施313

习题313

第一篇 静 力 学

第一章 静力学的基本概念和受力图

静力学研究物体机械运动的特殊情况，即物体处于平衡时的力学问题。所谓平衡，是指物体相对于地面保持静止或作匀速直线运动的状态。

我们知道，物体在力的作用下，要产生变形。但是，工程中构件的变形，通常很微小。例如钢杆受拉时的伸长，在安全使用范围内，一般不超过原长度的几千万分之一；机床主轴在自重和载荷作用下的最大挠度，一般不超过轴承间距的万分之二。在许多情况下，这些微小的变形对平衡问题的研究影响甚微，可以忽略不计。因此，在静力学中，将所研究的物体视为不变形的物体——刚体。更确切地说，刚体就是在力的作用下，其内部任意两点之间的距离始终保持不变的物体。

刚体是一种抽象的模型，它突出了平衡的本质及其规律，并使研究和解决问题的方法简化。只有研究了刚体的力学问题以后，才能进一步研究比较复杂的关于变形物体（如弹性体、液体、气体）的力学问题。

在静力学中，主要研究以下两个问题：

- 1) 力的基本性质和刚体受力分析、运算（包括力的合成、分解与简化）的方法；
- 2) 刚体在外力作用下，处于平衡的条件和运用平衡条件解决实际问题。

在工程中，刚体的平衡条件应用极广。在设计各种机械零件时，一般先要根据刚体的平衡条件，分析、计算它所受外力的大小和方向，然后再确定该零件的变形或校核它的强度。

此外，力在刚体平衡时所表现的基本性质，也同样表现于刚体的一般运动中。在静力学中，关于力的合成、分解与简化等研究得出的结果，也可直接用于动力学。由此可见，静力学是工程力学和机械设计的基础。

第一节 力的概念

我们知道，物体之间的相互作用会使物体的运动状态发生变化和使物体产生变形，这种作用称为物体间的机械作用。例如用手推车时，手对车作用，可使车改变速度；锻打工件时，锻锤对工件作用，可使工件产生变形。物体间还可以有其它作用，如电磁作用、化学作用等。力就是物体间相互的机械作用。

由实践可知，力的大小、方向和作用点的位置是决定力对物体作用效果的三个要素，改变其中任何一个，都会改变力的作用效果。力的工程单位是吨力和公斤力，但习惯上用吨和公斤。 $1\text{ 吨}=1000\text{ 公斤}$ 。

力是具有大小和方向的量，所以是矢量。力的三个要素可用一有向线段表示（见图1-1）。线段的长度（按一定的比例）表示力的大小；线段末端的箭头表示力的指向；线段

的起点（或终点）表示力的作用点。线段所在的直线称为力的作用线。力的矢量用黑体字母表示，如 $\mathbf{P}$ 、 $\mathbf{T}$ 、 $\mathbf{N}$ ，而力的大小则用普通字母表示，如 P 、 T 、 N 。

必须指出，作用在刚体上某点的力，可以沿其作用线移到任意一点，而不改变它对刚体的作用效果。力的这一重要性质称为力的可传性。例如在车后推车，与在车前拉车效果一样（见图 1-2）。由此可见，对于刚体来说，力的作用点已不是决定力的作用效果的要素，它已为作用线所代替。因此，作用在刚体上的力的三要素是：力的大小、方向和作用线。

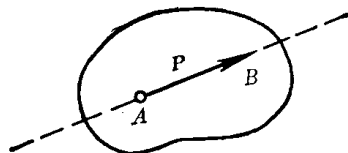


图 1-1

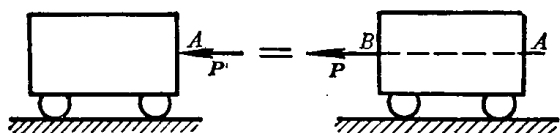


图 1-2

当考虑物体的变形时，力的可传性不再适用。否则，将会改变物体的变形性质。

第二节 静力学公理

静力学以几个基本原理——公理为基础来研究刚体的平衡条件。这些公理反映出作用在刚体上的力的最简单、最基本的性质。

一、二力平衡公理

刚体受两力作用，处于平衡的必要与充分条件是：两力大小相等、方向相反、作用在同一直线上（见图 1-3），简称两力等值、反向、共线。

刚体平衡的这一必要与充分条件，对于变形体来说，只是必要条件，而不是充分条件。例如软绳受等值、反向的两个拉力时，可以平衡。若变拉力为压力，则不能平衡。

二力平衡是平衡中最简单也是最常见的情况。例如图 1-4 所示的起吊电机，该电机就是在重力 G 和钢丝绳的拉力 T 作用下处于平衡。

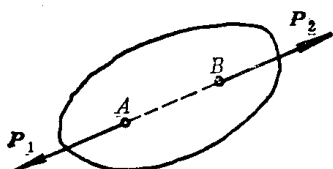


图 1-3

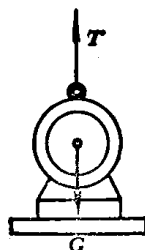


图 1-4

作用在同一物体上的多个力称为力系。若物体受力系作用处于平衡，则此力系称为平衡力系。图 1-4 中作用在电机上的二力即为一最简单的平衡力系。

在平衡力系中各个力使物体改变运动状态的作用相互抵消，即平衡力系不改变物体的运动状态。如果物体仅受平衡力系作用，则物体必然处于平衡。如果在平衡力系中去掉一

力, 则其余各力不能平衡。故平衡力系中任何一力, 均称为其余各力的平衡力。

二、加减平衡力系公理

可在作用于刚体的已知力系上, 加入或取出任意的平衡力系, 而并不改变原力系对刚体的作用效果。

如果两个力系对刚体的作用效果相同, 则此两力系互称为等效力系。

如果一力和一力系等效, 则此力称为该力系的合力, 而力系中的各个力均称为合力的分力。

三、力平行四边形公理

作用在物体上同一点的两个相交力, 可合成为一力。合力的作用点也在该点, 其大小和方向, 由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线确定 (见图 1-5)。其矢量式为

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

这个等式代表的意义是矢量相加, 与代数相加式 $R = P_1 + P_2$ 完全不同, 不能混淆。只有两力共线时, 其合力才等于两力的代数和, 即共线的两力同向时相加, 反向时相减。此结论还可推广到由任意个力组成的共线力系。

力平行四边形公理是力的合成和分解的依据。若已知分力求合力, 称为力的合成; 反之, 已知合力求分力, 称为力的分解。

推论: 刚体受共面的三个不平行力作用而平衡时, 此三力的作用线必相交于一点。这个关系称为三力平衡定理。

证明: 设有共面不平行的三力 $\mathbf{P}_1$ 、 $\mathbf{P}_2$ 、 $\mathbf{P}_3$, 分别作用在刚体上 A 、 B 、 C 三点 (见图 1-6), 并保持平衡。将力 $\mathbf{P}_1$ 和 $\mathbf{P}_2$ 移到 O 点, 并合成为一力 $\mathbf{R}$, 则力 $\mathbf{P}_3$ 应与力 $\mathbf{R}$ 平衡。由于二力平衡必然共线, 故力 $\mathbf{P}_3$ 的作用线必通过点 O 。

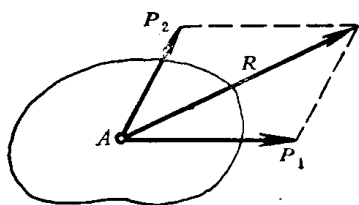


图 1-5

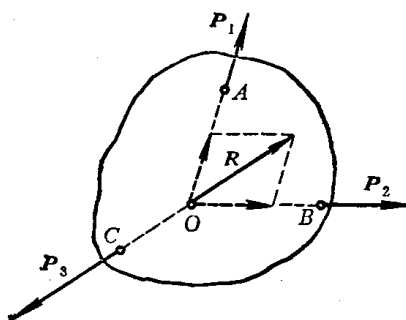


图 1-6

由此可见, 刚体受三个力作用而平衡时, 只要知道其中两个力的方向, 则第三个力的方向, 便可按三力平衡定理确定。

四、作用与反作用公理

作用力与反作用力总是成对出现, 且大小相等、方向相反、沿着同一直线, 但分别作

用在两个相互作用的物体上。

当研究由几个物体组成的系统时，如果已知其中一物体对另一物体的作用力的大小和方向，根据这个公理就可知道前一物体对后一物体的反作用力的大小和方向。

例如，放在地面上的球，见图 1-7(a)，受重力 G 和地面的反力 N 的作用而平衡，见图 1-7(b)，重力 G 是地球对球的吸引力，作用在球上；同时球对地球也有一个吸引力 G' ，作用在地球上，见图 1-7(c)，这两个力是作用力和反作用力，两者等值、反向。此外，球对地面也作用一个压力 N' ，这个力和 N 的关系是作用力和反作用力，两者等值、反向。

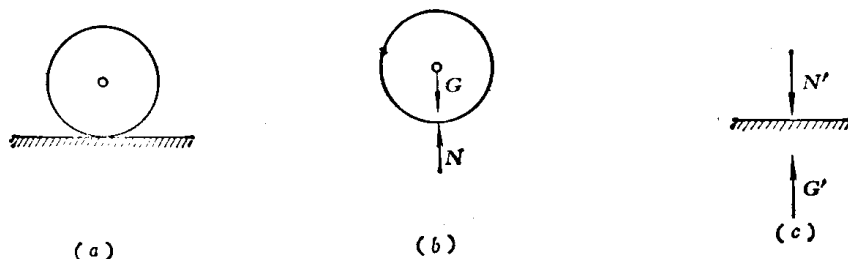


图 1-7

必须强调指出，虽然作用力与反作用力等值、反向，但它们永远是分别作用在相互作用的两个物体上。因此，不能认为作用力与反作用力互为平衡或组成平衡力系。

第三节 约束与约束反力

凡可以沿空间任何方向运动的物体称为自由体。例如航行的飞机、漂浮的气球等。凡受周围物体的限制，而不能沿某些方向运动的物体称为非自由体。例如放在桌面上的书受桌面的限制，不能向下运动；机车受轨道的限制，只能沿轨道运动；机床主轴受轴承的限制，只能在轴承中转动等。限制非自由体运动的物体称为约束。上述例子中，桌面、轨道和轴承均为约束。

非自由体受到的力，一般可分为两类：一类是促使它运动或有运动趋势的力称为主动力，如所受重力、拉力或推力等；另一类是约束限制非自由体沿某些方向运动的力称为约束反力。显然，约束反力的方向必然与该约束所能限制的运动方向相反。这是确定各种约束类型的反力方向的基本准则。

研究非自由体的平衡问题时，主动力的方向和大小通常是已知的，而约束反力的大小和方向则是未知的，往往正是要求的。在一般情况下，约束反力的方向，可根据约束的类型决定，其大小，则需用平衡条件来计算。

下面介绍工程上常见的几种约束类型及其反力方向的确定方法。

一、柔性约束

由柔软的绳索、链条或皮带所组成的约束称为柔性约束。这类约束只能限制物体沿绳索而离开绳索的运动。因此，约束反力的方向必沿绳索而背离物体（见图 1-8）或者说，柔性约束只能给物体拉力。通常用 T 表示柔性约束反力。

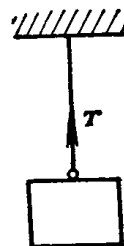


图 1-8

二、刚性约束

由光滑的接触面所构成的约束称为刚性约束。实际上，当物体接触面间摩擦很小，摩擦力和其它作用力相比，可以忽略不计时，接触面就可认为是光滑的。例如，物体与光滑平面的接触（见图 1-9）、圆柱工件与 V 型槽的接触（见图 1-10）、啮合齿轮的齿面接触（见图 1-11）、轴承中钢圈与滚珠的接触（见图 1-12）等，这些接触面都可当作光滑接触面。刚性约束不论支承面的形状如何，支承面只能限制物体沿接触表面公法线，朝向支承面方向的运动，而不能限制物体沿表面切线或离开支承面的运动。因此，刚性约束反力的方向必沿接触表面在接触点的公法线，并指向物体。这类约束反力称为法向反力，用 N 表示。

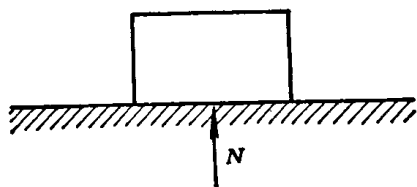


图 1-9

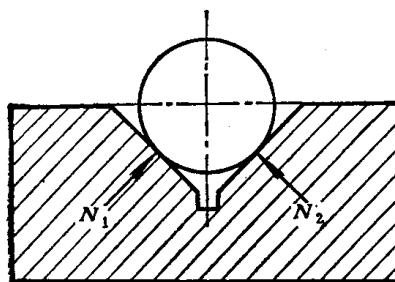


图 1-10

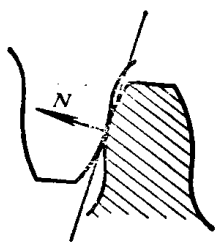


图 1-11

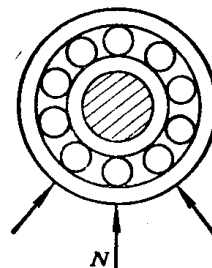


图 1-12

三、圆柱形铰链约束

两个构件相互联接时，往往采取在它们联接处打孔，插入圆柱形销钉的办法（见图 1-13），这种联接方式称为圆柱形铰链联接，简称铰接。不计摩擦时，称光滑铰。

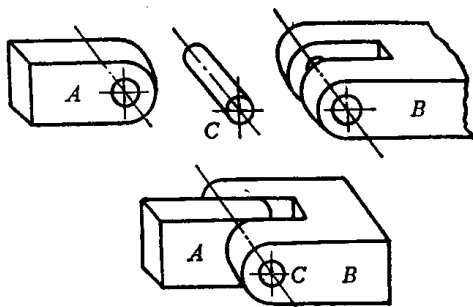


图 1-13

这类约束只限制被铰接的物体在联接处不能分开,但它们可以自由地绕销钉转动。

下面介绍两种常见的铰链支座约束。

1. 固定铰链支座约束 如图 1-14(a)所示,它由固定支座 1 和杆 2 并用销钉 3 联接而成。这种支座的简图,如图 1-14(c)所示。

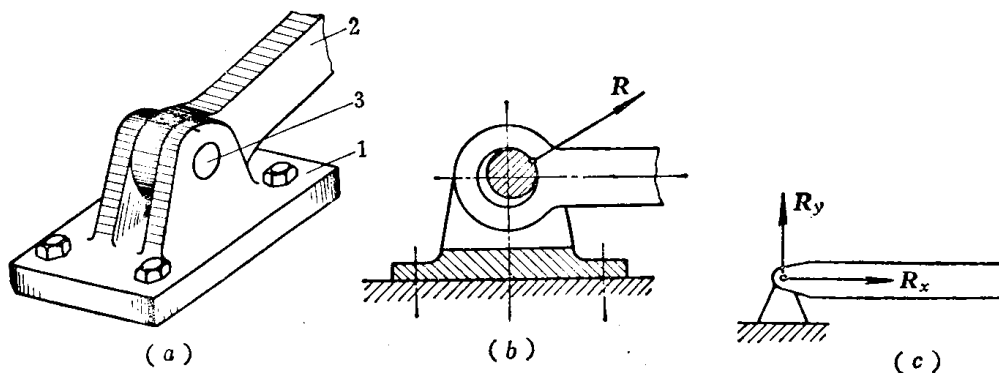


图 1-14

当杆 2 受主动力作用时,销钉孔壁便紧压到销钉上某处,见图 1-14(b)。故销钉对杆 2 的约束反力 R 必沿接触曲面的公法线,即 R 一定通过销孔中心。但是,杆与销钉的接触点位置将随杆 2 所受主动力的不同而改变。因此,当主动力尚未确定时,约束反力的方向预先不能确定。所以,固定铰链支座约束反力的作用线必定通过销孔中心,但方向需根据物体的受力情况来确定。在画图和计算时,这个方向待定的支座反力,常用相互垂直的两个分力 R_x 和 R_y 来代替,见图 1-14(c)。

2. 活动铰链支座 大型桥梁、屋架等结构,常采用活动铰链支座,见图 1-15(a)。车轮也属于这种类型的约束。其构造是支座和梁铰接在一起,而支座与固定支承面间加滚柱,使支座可在支承面上移动,以消除由于温度变化引起桥梁变形所产生的影响。这种支座的简图如图 1-15(b)所示。

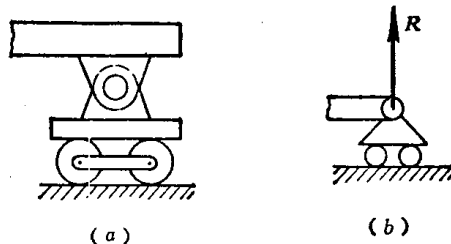


图 1-15

显然,在不计摩擦的情况下,活动铰链支座约束反力的方向必垂直于支承面,且通过铰链中心。

第四节 受力图

研究物体的平衡或运动问题时,首先必须分析物体受到哪些力的作用。为了清楚地表示物体的受力情况,需要把研究的物体(称为研究对象)从周围的物体中分离出来,单独画出它的简单轮廓图形,并把周围物体对它作用的力画在图上,这种简明的图形称为受力图。画物体受力图是解决静力学问题的关键。

下面举例说明受力图的画法。

例 1 如图 1-16(a)所示,球重 G_1 ,杆重 G_2 ,试画出球和杆的受力图。

解 取球为研究对象。作用在球上有三个力:主动力为球的重力 G_1 ,其作用线通过球心铅直向下;约束反力为墙对球的反力 N_D 及杆对球的反力 N_E ,它们分别作用在 D 与

E 点, 并沿接触处的公法线指向球心, 见图 1-16(b)。

取杆为研究对象。作用在杆上有四个力: 主动力为杆的重力 G_2 和球对杆的压力 N'_E 。力 G_2 通过杆的重心铅直向下, 根据作用与反作用公理, 力 N'_E 与 N_E 应等值、反向; 约束反力为绳的拉力 T_A 和支座 B 的反力。因支座 B 的反力方向还不能确定, 故以水平及垂直方向的两分力 R_x 和 R_y 表示, 见图 1-16(c)。

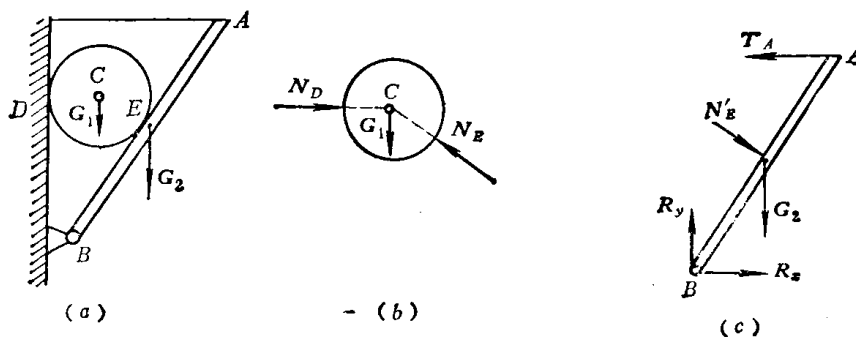


图 1-16

例 2 一铣床夹具, 见图 1-17(a), 当拧紧螺母时, V型压板便压紧工件。试分别画出 V型压板、螺钉及工件 1 的受力图。

解 它们的受力图如图 1-17(b) 所示。

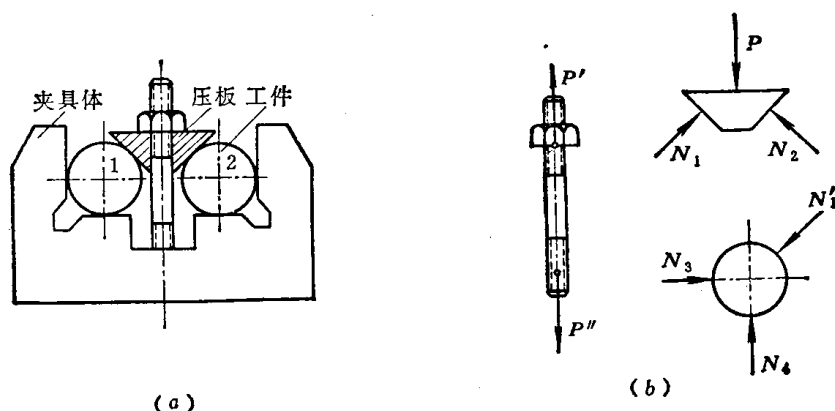


图 1-17

取 V 型压板为研究对象。它受到螺母的压力 P (主动力) 以及工件的约束反力 N_1 和 N_2 的作用, 这些力分别垂直于 V 型压板的各个表面。

取螺钉为研究对象。它两端受到拉力 P' 和 P'' 的作用, 其中 P' 为主动力, P'' 为约束反力。

取工件 1 为研究对象。它受到 V 型压板的法向压力 N'_1 以及夹具的约束反力 N_3 和 N_4 的作用。

在上列受力图中, $P = P' = P''$

$$N_1 = N'_1$$

例 3 水平梁 AB 用斜杆 BC 支撑, 梁与斜杆在 B 点用铰链联接, 它们的另一端分别以铰链固定在墙上, 在梁上放一电动机, 见图 1-18(a), 重量为 G 。若不计梁和杆的重

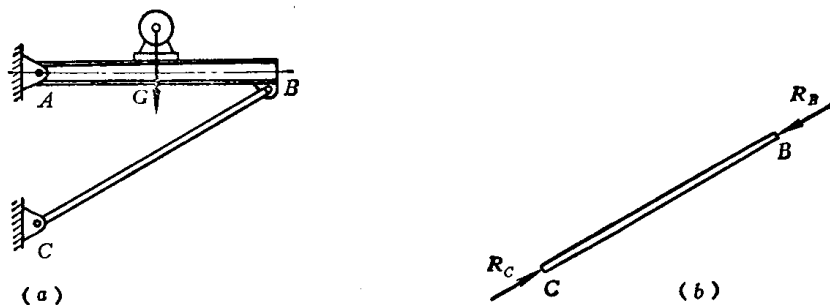


图 1-18

量，试画出斜杆的受力图。

解 因斜杆的重量不计，故它只在两端铰链处受到约束反力 R_B 和 R_C 的作用。根据光滑铰的性质，这两个力必定通过铰链中心 B 和 C 点，方向待定。如果进一步考虑到 BC 杆只受两力作用而平衡，根据二力平衡公理，此两力必沿同一直线且等值、反向。由此可确定力 R_B 和 R_C 的作用线应沿 B 和 C 点的连线。由经验判断，此处应为压力，见图 1-18(b)。但在一般情况下，力的指向需应用平衡条件才能确定。

只受两个力作用而平衡的杆件，称为二力杆。在工程上经常遇到的二力杆是本身不受主动力作用的双铰链刚杆，它所受约束反力的特点是：两力必沿两端铰链中心的连线。二力杆并不限于直杆，也可以是曲杆。

例 4 图 1-19(a) 是冷镦机的切断机构示意图。当斜面凸轮向右运动时，凸轮压滚轮 C ，使杠杆 O_2C 绕 O_2 点转动，通过拉杆 AB 使三角块 O_1AD 绕 O_1 点转动，则 D 点向下压刀杆而使切刀切断棒料。试分别画出杠杆 O_2C 、拉杆 AB 和三角块 O_1AD 的受力图。摩擦和各构件的自重均忽略不计。

解 它们的受力图如图 1-19(b) 所示。

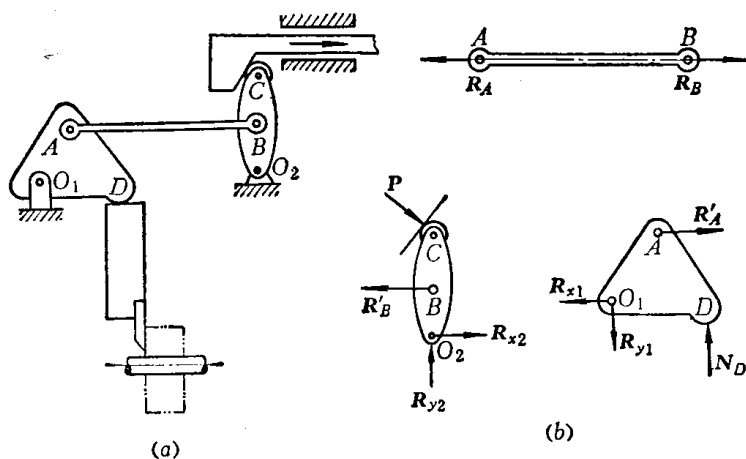


图 1-19

取拉杆 AB 为研究对象。因不计自重，故拉杆是二力杆，其两端所受拉力 R_A 和 R_B 必沿两端铰链中心的连线。而它对杠杆和三角块的反力也必沿此连线。

取杠杆 O_2C 为研究对象。它受到斜面凸轮给它的作用力 P （主动力）、拉杆的约束反力 R'_B 以及固定铰链支座 O_2 的约束反力 R_{x2} 和 R_{y2} 的作用。

取三角块 O_1AD 为研究对象。它受到拉杆的作用力 R'_A 、刀杆的约束反力 N_D 以及固定铰链支座 O_1 的约束反力 R_{x1} 和 R_{y1} 的作用。

例 5 图 1-20(a) 所示为小型起重机。把杆 1 用拉索 2 固定在一定位置上， B 端装有滑轮，转动卷筒 4 卷起绳 3 即可起吊重物。设支架重为 G_1 ，转盘 5 重为 G_2 ，把杆 1 重为 G_3 ，平衡锤 6 重为 G_4 ，重物重为 Q 。试分别画出下列物体的受力图：1) 重物；2) 吊

钩；3) 重物、绳子和吊钩所组成的整体；4) 滑轮；5) 把杆；6) 起重机整体。滑轮与绳的自重及摩擦均不考虑。

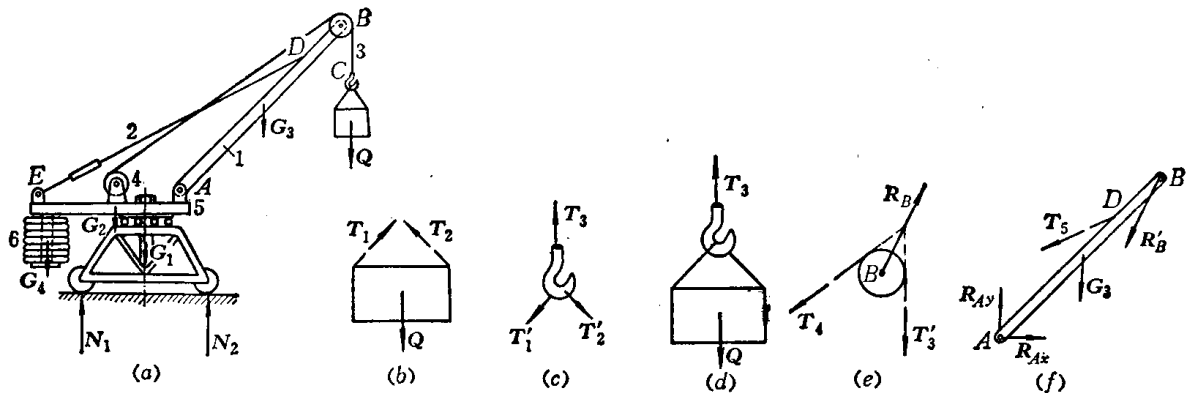


图 1-20

解 取重物为研究对象，其受力图如图 1-20(b)所示。它受三个力作用：重力 Q (主动力)，绳子给它的拉力 T_1 和 T_2 (约束反力)。

取吊钩为研究对象，其受力图如图 1-20(c)所示。它受三个力作用：与力 T_1 、 T_2 等值、反向的作用力 T_1' 和 T_2' 以及绳 3 的拉力 T_3 。

取重物、绳子和吊钩所组成的整体为研究对象，其受力图如图 1-20(d)所示。它只受两个力作用：重物的重力 Q 和绳 3 的拉力 T_3 。

若取整体为研究对象时，重物、绳子和吊钩之间相互作用的力不应画出。这种研究对象内部各物体之间相互作用的力称为内力。而研究对象以外的物体对研究对象所作用的力称为外力。因为内力必定成对出现，且大小相等，方向相反，对整体来说，这是一平衡力系，根据加减平衡力系公理，可以不考虑。所以，在受力图上只画外力，不画内力。

取滑轮为研究对象，其受力图如图 1-20(e)所示。它受三个力作用：绳 3 的拉力 T_3' 、 T_4 和滑轮轴的反力 R_B 。当滑轮平衡时，这三个力的作用线必相交于一点。由图可见，滑轮半径完全不影响反力 R_B 的方向。改变半径，仅引起力 T_3' 与 T_4 作用线的交点在力 R_B 的作用线上移动。因此，只要保持两边绳子的方向不变，滑轮的半径可取任意值，而不影响其平衡。为简单起见，可假定滑轮的半径等于零，而认为力 T_3' 与 T_4 直接作用在滑轮轴心上。

取把杆为研究对象，其受力图如图 1-20(f)所示。它受四个力作用：重力 G ，与 R_B 等值、反向的作用力 R_B' ，拉索的拉力 T_5 及铰链 A 的反力 R_A 。因 R_A 的方向不能立即确定，故用互相垂直的两分力 R_{Ax} 和 R_{Ay} 代替。

取起重机整体为研究对象，其受力图如图 1-20(a)所示。它共受七个力作用：各部分的重力 G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 和 Q 以及两边轮子处地面的支反力 N_1 和 N_2 。至于其它各力如绳子拉力与铰链反力等，对起重机整体来说，都是内力，不必考虑。

习 题

1. 试分析下面一些常见的约束 (见图 1)，并画出指定物体的受力图。接触处可视为光滑，未画重力的物体，均不考虑自重。

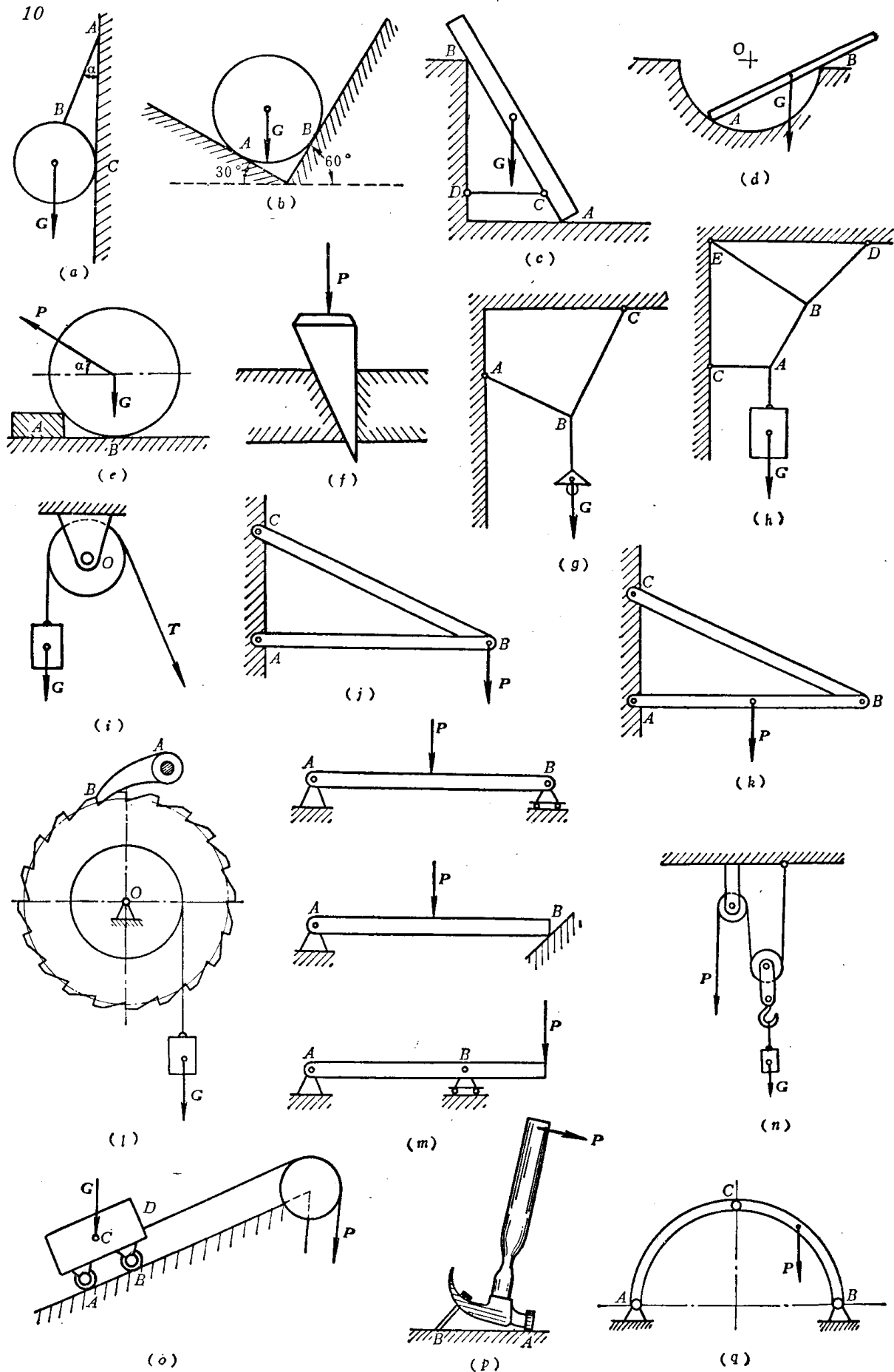


图 1

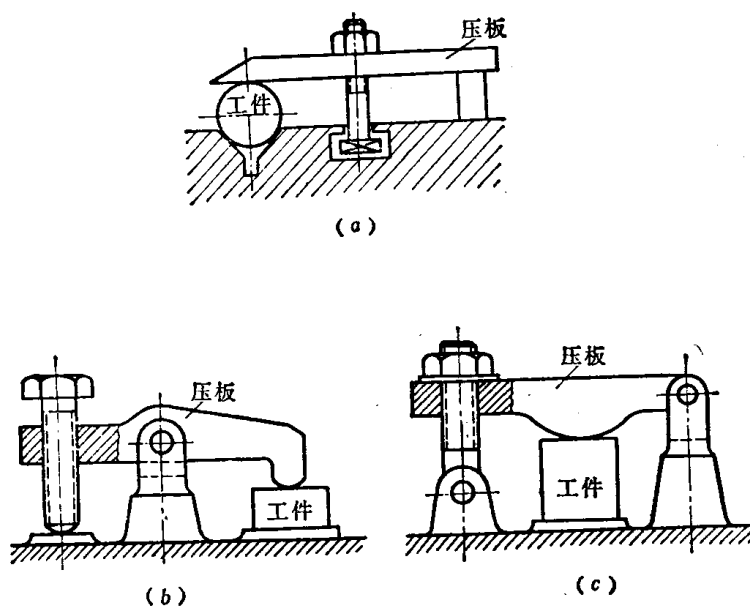


图 2

2. 图 2 所示的三个夹紧装置，当拧紧螺母（或螺钉）时，压板便夹紧工件。试画出压板的受力图。压板与工件的接触面视为光滑，压板自重不计。

3. 图 3 所示的夹紧装置，当拧紧螺钉时，通过两个斜楔和杠杆夹紧工件。试分别画出斜楔、杠杆和工件的受力图。各接触面视为光滑。

4. 图 4 所示为一手动压力机。试分别画出杠杆 ABC 、节点 D 和滑块的受力图。各杆自重不计，各接触面视为光滑。

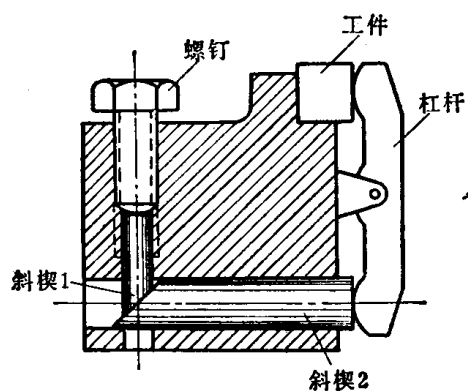


图 3

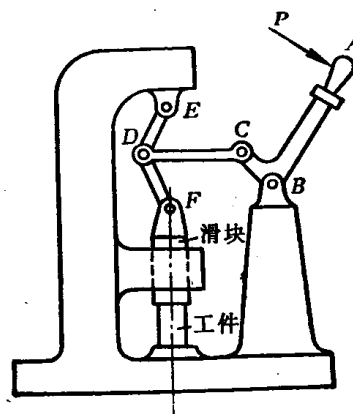


图 4