

575

825472

7544-1

1-1

陈楚琳 编

应用力学及机械设计基础

上册

(应用力学)

北京科学技术出版社

内 容 提 要

本书分上、下两册。上册为应用力学部分，下册为机械设计基础部分。上册包括静力学、材料力学、运动学三部分内容共十六章。每章后均附有一定数量习题，并给出答案。上册按照50~60学时的要求编写。本书可作为高等工业学校非机类专业的教材，也可作为电视大学、职工工业大学有关专业的教材，还可供中等专业学校工科机械类专业的师生及从事机械设计工作的工程技术人员参考。

应用力学及机械设计基础

上 册

(应用力学)

陈楚琳 编

北京科学技术出版社出版

(北京西直门外南路19号)

新华书店首都发行所发行 各地新华书店经售

顺义县小店印刷厂印刷

87×1092毫米 16开本 13印张 310千字

1988年12月第1版 1988年12月第一次印刷

印数 1—1,400册

ISBN 7-5304-0200-5/T·30 定价: 3.90元

前 言

为了满足当前学习和教学的需要,我们按照100~120学时的要求编写了本书。本书主要适用于电子技术、电气、通信、自动控制、企业管理、采矿、地质、材料、热加工、冶金、印刷工艺、轻纺、化工等高等工业学校本科非机类各专业及专科近机类各专业作为教材,也可供电视大学、职工大学、职工业余大学有关专业作为教材使用,对于中专师生亦可作为参考书,同时对有关人员也可用作自学用书。

本书分上、下两册,上册为应用力学部分,包括静力学、材料力学、运动学三篇;下册为机械设计基础部分,包括机械原理和机械零件。根据不同的教学要求和教学时数,可采用本书的全部或部分内容;前后顺序也可作适当调整;部分内容的理论分析和推导可以舍弃,只讲结论;书中例题数量较多,不一定都讲授,有的作为习题课内容,有的供学生自学之用。

本书在分析比较了目前有关书籍基础上,根据我们数十年的教学经验和体会,特别突出了本科非机类、专科近机类教材的特点。内容少而精,且针对性强;理论联系实际,前后安排配合紧密,突出主要问题和重点;在保证基本概念和基本理论的前提下,侧重解决实际问题 and 工程应用,因此例题与习题的量与类型较多。学生在用不多的学时学完本书后,基本上具备一般的力学和机械方面的知识,初步了解和掌握有关的力学概念和理论,并运用这些理论进行初步的机械设计工作。

为配合学习和教学需要,各章之后编有一定数量的习题,并附有习题答案。

本书采用国际单位制。

本书上册《应用力学》由陈楚琳同志编写,下册《机械设计基础》由沈美珍、葛喜山同志编写。

由于编者水平有限,书中不妥之处诚恳希望广大教师和读者批评指正。

目 录

应用力学简介.....	(1)
-------------	-------

第一篇 静力学

引 言.....	(2)
第一章 静力学的基本概念与公理.....	(3)
§ 1-1 基本概念.....	(3)
§ 1-2 静力学公理.....	(4)
§ 1-3 约束与约束反力.....	(5)
§ 1-4 受力图.....	(7)
第二章 平面汇交力系.....	(11)
§ 2-1 平面汇交力系合成与平衡的几何法.....	(11)
§ 2-2 平面汇交力系合成与平衡的解析法.....	(12)
第三章 力矩与力偶.....	(18)
§ 3-1 力对点之矩.....	(18)
§ 3-2 力偶与力偶矩.....	(19)
§ 3-3 平面力偶系的合成与平衡.....	(21)
第四章 平面一般力系.....	(25)
§ 4-1 力线平移定理.....	(25)
§ 4-2 平面一般力系向作用面内任一点简化.....	(27)
§ 4-3 平面一般力系的平衡条件与平衡方程及实际应用.....	(28)
§ 4-4 静定与静不定问题的概念.....	(34)
§ 4-5 物体系统的平衡.....	(34)
第五章 滑动摩擦.....	(42)
§ 5-1 滑动摩擦.....	(43)
§ 5-2 考虑摩擦时物体的平衡问题.....	(44)
§ 5-3 摩擦角与自锁现象.....	(46)

第六章 空间力系、重心	(51)
§ 6-1 空间汇交力系的合成与平衡.....	(51)
§ 6-2 力对轴之矩.....	(52)
§ 6-3 空间一般力系的平衡方程及其实际应用.....	(53)
§ 6-4 重心及重心坐标公式.....	(56)

第二篇 材料力学

引言.....	(65)
---------	--------

第七章 轴向拉伸或轴向压缩	(67)
----------------------------	--------

§ 7-1 轴向拉伸或压缩时横截面上的内力和应力.....	(67)
§ 7-2 轴向拉伸或压缩时的强度条件.....	(70)
§ 7-3 材料在轴向拉伸或压缩时的机械性质.....	(73)
§ 7-4 极限应力、安全系数和许用应力.....	(76)
§ 7-5 轴向拉伸或压缩时的变形.....	(77)
§ 7-6 连接部分的强度计算.....	(79)

第八章 扭转	(89)
---------------------	--------

§ 8-1 外力偶矩、扭矩和扭矩图.....	(89)
§ 8-2 圆轴扭转时的应力和强度条件.....	(93)
§ 8-3 圆轴扭转时的变形和刚度条件.....	(97)

第九章 弯曲	(105)
---------------------	---------

§ 9-1 平面弯曲时横梁截面上的内力--剪力与弯矩.....	(106)
§ 9-2 梁弯曲时的正应力和强度条件.....	(112)
§ 9-3 梁弯曲时的变形和刚度条件.....	(122)
§ 9-4 提高弯曲强度与刚度的措施.....	(130)
§ 9-5 静不定梁.....	(132)

第十章 组合变形时的强度计算	(139)
-----------------------------	---------

§ 10-1 弯曲与拉伸(或压缩)的组合以及偏心拉伸(或偏心压缩).....	(139)
§ 10-2 弯曲与扭转的组合以及拉伸(或压缩)与扭转的组合.....	(141)

第十一章 压杆稳定问题	(147)
--------------------------	---------

§ 11-1 压杆稳定的概念.....	(147)
§ 11-2 压杆临界力的计算.....	(148)

§ 11-3 压杆的稳定条件.....	(152)
第十二章 动载荷问题	(158)
§ 12-1 构件作匀加速直线运动和匀速转动时的动应力计算.....	(158)
§ 12-2 交变应力.....	(160)

第三篇 运动学

引言.....	(168)
第十三章 点的运动	(169)
§ 13-1 点的直线运动.....	(169)
§ 13-2 点的平面曲线运动.....	(172)
第十四章 刚体的简单运动	(179)
§ 14-1 刚体的平动.....	(179)
§ 14-2 刚体的定轴转动.....	(179)
§ 14-3 转动刚体上各点的速度与加速度.....	(182)
§ 14-4 定轴轮系的传动比.....	(183)
第十五章 点的合成运动	(187)
§ 15-1 点的合成运动的基本概念.....	(187)
§ 15-2 点的速度合成定理.....	(188)
第十六章 刚体的平面运动	(192)
§ 16-1 刚体平面运动的有关概念.....	(192)
§ 16-2 平面图形上各点的速度.....	(193)
附录: 型钢规格表	(199)

应用力学简介

应用力学是研究物体机械运动一般规律以及构件的强度、刚度和稳定性的一门科学，它包括理论力学和材料力学两门课程。

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

所谓机械运动是指物体之间在空间的相对位置随时间而改变的现象。它是物质运动最低级、最简单的形式。物体的平衡状态是机械运动的特殊情况，所以理论力学也研究物体的平衡规律。所谓平衡是指相对于地球静止、匀速直线运动或匀速定轴转动。在工程技术领域里，普遍存在着机械运动问题。学习理论力学的目的在于掌握机械运动规律，并运用这些规律解决工程技术中的实际问题，如进行静力计算、运动分析或动力计算等，并为学习后继课程如材料力学、机械原理、机械零件以及有关专业课程提供必要的理论基础。

材料力学则是研究构件强度、刚度和稳定性计算的一门科学。

机械或工程结构的每一组成部分称为构件。为了使构件在外力作用下能正常地工作而不破坏，也不发生过大的变形和丧失稳定性，构件必须具有一定的强度、刚度和稳定性。所谓强度是指构件抵抗破坏的能力。刚度是指构件抵抗变形的能力。而稳定性是指构件保持其原有平衡形式的能力。学习材料力学的目的在于掌握强度、刚度和稳定性方面的基本理论和计算方法，为构件选用合适的材料，确定许可载荷或确定合理的截面形状和尺寸，并为机械零件和有关专业课程等后继课程提供必要的设计计算方法。

应用力学是一门技术基础课，它的先导课程有初等数学、高等数学、普通物理等基础课，所以应用力学在基础课与专业课之间起桥梁作用，是一门为了解力学知识及机械知识和有关设计计算方法的必学课程。

第一篇 静力学

引言

平衡是物体机械运动的一种特殊形式，静力学则是专门研究物体平衡规律的一门科学。

静力学主要研究以下两个基本问题：

一、力系的简化 作用于物体上的一群力，称为力系。将一个复杂力系用一个简单力系来代替，且作用效应相同，这种简化力系的方法称为力系的简化。上述作用效应相同的二力系互称为等效力系。研究力系简化的目的就是要简化物体的受力情况，以便于进行分析和研究。

二、力系的平衡条件 是指物体平衡时，作用于物体上的力系所应满足的条件。根据平衡条件，可以求出作用于平衡物体上的某些未知力。力系的平衡条件是静力学的中心问题。

研究材料力学中的强度、刚度和稳定性问题，需要运用静力学知识；有时动力学问题也可化为静力学问题来处理；此外，静力学在工程技术中还有直接的应用，例如作为选择轴承型号的依据等，所以静力学在工程技术中具有重要的地位。

第一章 静力学的基本概念与公理

本章介绍静力学的一些基本概念与几个公理，它们是静力学的基础。还要介绍约束类型和约束反力、受力图。

§ 1-1 基本概念

一、刚体概念

理论力学中，物体被认为是刚体。所谓刚体是指受力后大小和形状保持不变的物体，也就是说，受力后任意两点间的距离保持不变的物体。刚体是一个抽象化的模型。因为理论力学主要研究力的外效应，所以在理论力学里，把物体看作刚体。这种抽象化，不仅大大地简化了问题的研究，又不影响问题的实质，也是实际所允许的。但是，对于材料力学中的构件，不能再认为是刚体，应该认为是变形体，即受力后发生变形的物体，这是由于材料力学主要研究力的内效应的缘故。

二、力的概念

人推或拉小车，人与小车之间相互产生机械作用，我们把物体与物体之间相互的机械作用称为力。

力作用的结果，使物体运动状态发生变化，或使物体发生变形，前者称为力的外效应，后者称为力的内效应。

力对物体的效应，决定于力的三要素：力的大小、方向和作用点。

力是有大小和方向的量。所以是矢量或称向量。它可以用一个有方向的线段来表示，如图1-1所示。线段的长度按选定的比例尺表示力的大小(图中 F 力的大小为40N)；线段的方向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。通过力的作用点沿力的方位画出的直线，称为力的作用线。

力的矢量用黑体字母或带箭头的普通字母来表示，例如 $\vec{F}$ 或 $\vec{F}$ 。而力的大小则用不带箭头的普通字母来表示，例如 F 。

在国际单位制中，力的单位是牛顿或千牛顿，其代号为牛(N)或千牛(kN)。本书采用国际单位制。力的国际单位制与工程单位制的换算关系为

$$1\text{公斤力(kgf)} = 9.8\text{牛顿(N)}$$

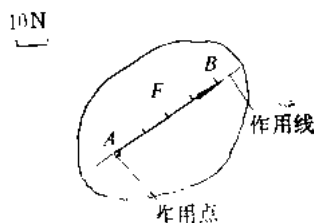


图 1-1

§ 1-2 静力学公理

静力学公理是人们从长期生产和生活实践中总结出来的客观规律，它简单而明显，是不需证明而为大家所公认的客观真理。下面介绍的四个公理就是静力学的全部理论基础。

一、二力平衡公理

受两力作用的刚体处于平衡状态的必要和充分条件是：这两个力等值、反向、共线。

图1-2所示刚体平衡时，则必有

$$F_A = F_B$$

二、加减平衡力系公理

使刚体处于平衡状态的力系，称为平衡力系。

系。

在刚体上原有作用力系之外，另加上或除

去一平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用这就是加减平衡力系公理。

这是显而易见的，因为平衡力系对刚体的外效应不产生影响。

推论：力的可传性原理

对刚体来说，力可沿其作用线移到刚体上任一点，而不改变它对刚体的外效应。

上述原理可借助图1-3来推证。

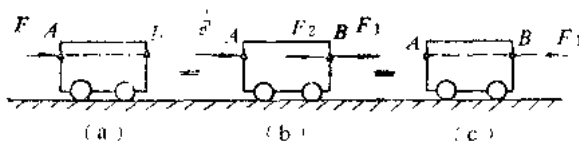


图 1-3

小车原在A点受推力 F 作用（图1-3a）。在 F 力作用线上任一点B，加上等值、反向、共线的平衡力系 F_1 、 F_2 ，且 $F_1 = F_2 = F$ ，如图1-3（b）所示，显然不影响小车的外效应。再除去平衡力系 F 、 F_2 ，如图1-3（c）所示，亦不影响小车的外效应。这样，我们就将原来作用在A点的推力，沿着作用线移到了B点而成为拉力。经验告诉我们，两者的外效应是相同的。

必须指出，力的可传性原理只适用于刚体，不适用于变形体。例如图1-4（a）所示的构件AB，原来受等值、反向、共线的两拉力作用而伸长。如果把这两个力沿作用线分别移到杆的另一端，如图1-4（b）所示，此时构件受压力作用而缩短。两者的内效应改变了。

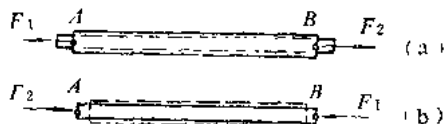


图 1-4

三、力的平行四边形公理

如果一个力和一个力系等效，这个力就称为该力系的合力，而该力系中的各个力则称为此合力的分力。由各分力求合力称为力的合成。

力的平行四边形公理为：作用于刚体上同一点的两个力所组成的力系，可以合成为一个合力。合力亦作用于该点，合力大小和方向是由这两个分力为邻边所作成的平行四边形的对角线来表示。如图1-5 (a) 所示， R 表示合力， F_1 、 F_2 表示两分力。合力等于两分力的矢量和，用矢量式表示为

$$R = F_1 + F_2 \quad (1-1)$$

应该指出，式(1-1)是矢量等式，与代数等式 $R = F_1 + F_2$ 含义不同，不能混淆。合力用平行四边形对角线表示，不能简单地求算术和。

求合力 R 时，也可用力三角形法则。如图1-5 (b) 所示。从力 F_1 终点 B 作力 F_2 ，连接 A 、 D 两点，矢量 AD 就代表合力 R 。这种求合力的方法称为力三角形法则。

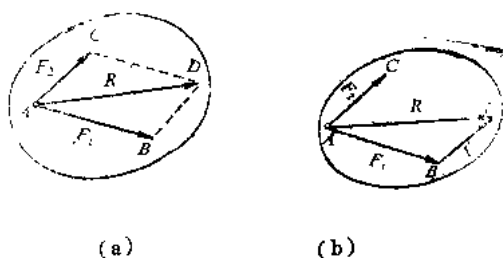


图 1-5

四、作用与反作用公理

两个物体之间相互作用的力（即作用力与反作用力），总是大小相等，方向相反，沿同一作用线，分别作用在这两个物体上。

必须注意，作用力与反作用力总是成对出现，也同时消失。它们分别作用在两个物体上，与二力平衡公理中的二平衡力不同，比二平衡力是作用在同一物体上。

§ 1-3 约束与约束反力

图1-6 (a) 所示为一水平桌面 A 上放置一重物 B 。图1-7 (a) 为用花线 A 悬挂在天花板上的电灯 B 。重物或电灯 B 与桌面或花线 A 接触，后者限制（或阻碍）前者向下运动。限制（或阻碍）物体运动的另一与之接触的物体，称为约束。水平桌面 A 就是重物 B 的约束，花线 A 就是电灯 B 的约束。

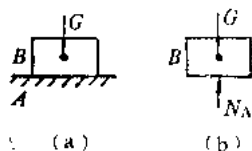


图 1-6

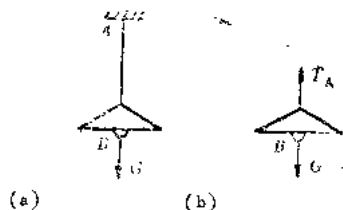


图 1-7

当物体受到约束时，物体与约束之间相互作用着力。约束作用于物体的力，称为约束反力，简称反力。因为约束反力是限制物体运动的，所以它的作用点在约束与物体接触之处，它的方向为约束所能阻止的物体运动方向的反向，至于约束反力的大小，要根据以后各章介

绍的平衡条件来求出。约束反力以外的力称为主动力。物体所受的主动力通常都是已知的。例如图1-6和图1-7中重物或电灯的重量 G 就是主动力。重物或电灯在 G 作用下有向下运动趋势，但受到约束——桌面或花线的限制（或阻碍），使它们不能向下运动，所以约束——桌面与花线对物体——重物或电灯作用着向上的约束反力 N_A 或 T_A （图1-6 b和图1-7 b）。

工程上的约束可归纳为几种基本类型，以下就来介绍约束的几种基本类型及其约束反力方向的确定，以及代表它们的力学简图。

一、柔体约束

绳索、链条和皮带等均为柔体约束。例如图1-7之化线是柔体约束。由于柔体约束只能阻止物体沿着柔体中心线的伸长方向运动，因此，柔体约束的约束反力方向应沿着柔体中心线，且指向背离物体，如图1-7（b）所示。柔体约束反力常用 T 或 F 表示。并用实直线代表柔体约束的力学简图。

二、光滑接触点、线、面约束

接触处非常光滑以致摩擦可以忽略不计时，即为这类约束。图1-6之光滑水平桌面即为光滑接触面约束。由于光滑接触面约束只能阻止物体沿接触面的公法线朝向光滑接触面约束的内部方向运动，因此光滑接触点、线、面约束的约束反力方向应沿接触处的公法线，且指向物体，如图1-6（b）所示。这类约束反力常用 N 表示。

三、固定铰链支座约束

它的构造如图1-8（a）所示，是由支座、销钉和物体组成，且支座固定死，圆柱形销钉插入支座与物体的相应圆柱形孔中，使物体只能绕销钉轴线在纸面内转动。设摩擦忽略不计，根据光滑接触线约束的特点，固定铰链支座通过销钉给物体的约束反力 R 应沿接触线 K 的公法线，并通过铰链中心 O ，如图1-8（b）所示，由于接触线 K 的位置不能预先确定，所以约束反力 R 的方向也不能预先确定，因此，固定铰链支座的约束反力通常用通过铰链中心 O 的两个互相垂直的分力 R_x 和 R_y 来表示，两分力的指向可任意假定，如图1-8（c）所示，通过以后各章的计算即能判定出正确的指向。图1-8（d）为代表固定铰链支座的力学简图。图1-8（e）为固定铰链支座约束反力的表示法。

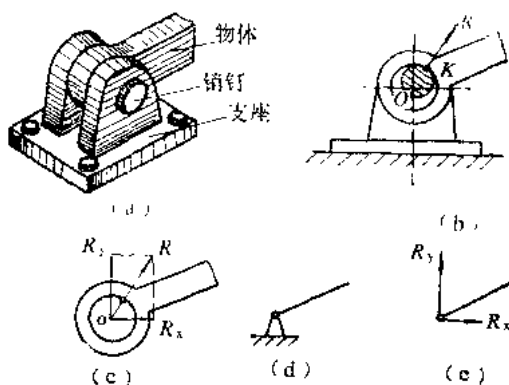


图 1-8

四、活动铰链支座约束

如果图1-8（a）的支座不固定死，而改用滚子与光滑支承面接触，如图1-9（a）所示，就构成活动铰链支座。图1-9（b）为其力学简图。活动铰链支座约束与光滑接触面约束一样，对物体的约束反力 R 沿支承面法线即垂直支承面，通过铰链中心，指向物体。如果装上特殊装置，也可背离物体。图1-9（c）为活动铰链支座约束反力的表示法。

桥梁的一端即为固定铰链支座，另一端为活动铰链支座。目的为防止梁热胀冷缩长度变化时产生温度应力。

五、二力构件约束

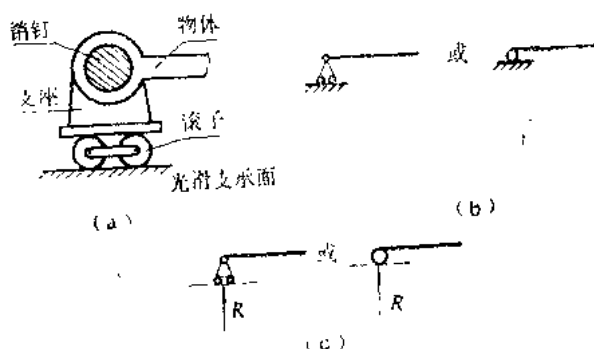


图 1-9

图1-10 (a) 为三铰拱，对构件AB来说，构件BC即为约束。凡自重不计，只受两个力

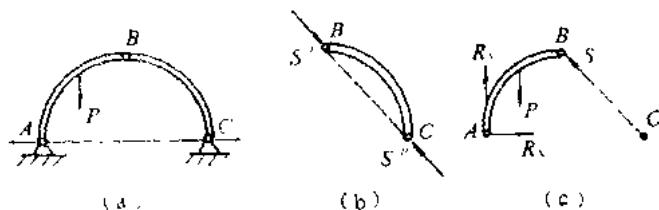


图 1-10

作用而处于平衡的构件，称为二力构件。构件BC即为二力构件（图1-10b）。根据二力平衡公理知：这两个力必定沿两个作用点的连线，指向可任意假定，通过计算可以确定其正确的指向。根据作用与反作用公理，二力构件BC这个约束作用于构件AB这个物体的约束反力 S ，必沿两作用点（图1-10c）。

除上面介绍的约束类型外，还有固定端约束，将在以后予以介绍。

§ 1-4 受力图

物体平衡时，我们将该物体从其周围约束中分离出来，单独画出其简图，并画上所受到的主动力和约束反力，这种图形称为受力图。

画受力图是解平衡问题的第一步，是重要和关键的一步，不能省略，更不能搞错，否则，会导致错误的结果。

兹举例说明物体受力图的画法。

例1-1 重为 G 的减速箱盖，用铁链吊起，如图1-11(a) 所示，试画出箱盖，铁环A的受力图。

〔解〕 (1) 图1-11 (b) 为箱盖受力图。

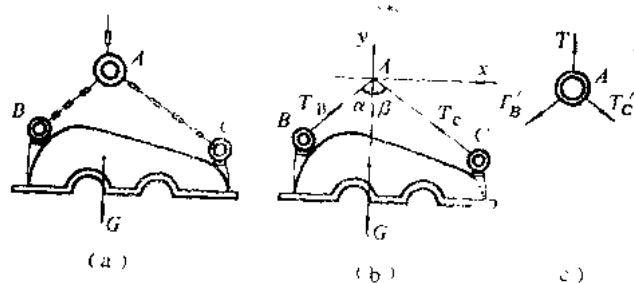


图 1-11

铁链为柔体约束，约束反力 T_B 、 T_C 沿中心线，背离箱盖。 G 为主动力，铅直向下。

(2) 图1-11 (c) 为铁环A的受力图。

T_B 与 T_B' 和 T_C 与 T_C' 各为一对作用力与反作用力，它们大小相等，方向相反，分别作用在箱盖与铁环上。 T 为铅直链条的约束反力。

例1-2 试画出图1-12中搁置在V形铁上的圆柱形工件，滚轮上的圆柱形容器以及凹槽中的薄杆的受力图。

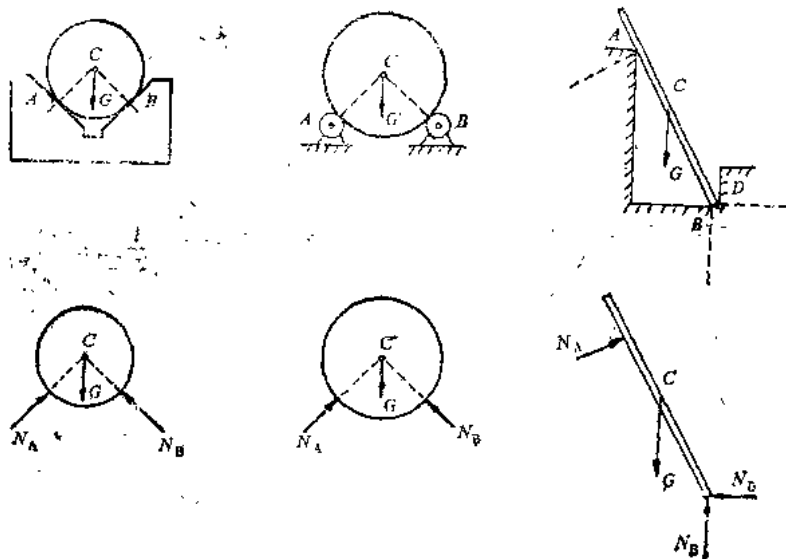


图 1-12

〔解〕 图中 G 为主动力，铅直向下。虚线表示公法线。

图1-12 (a) 和 (b) 为光滑线接触，图1-12 (c) 为光滑点接触。

约束反力均沿公法线，分别指向工件、容器和薄杆。

例1-3 重为 G 的电机置于托架上，如图1-13 (a) 所示。横梁 AB 及撑杆 BC 重量不计。试画出下列物体受力图，(1) 电机；(2) 横梁；(3) 撑杆。

〔解〕 (1) 图1-13 (b) 为电机受力图。

约束反力 N_D 垂直于横梁，指向电机。

(2) 图1-13 (c) 为横梁受力图。

A 为固定铰链，约束反力为互相垂直的分力 R_{Ax} 和 R_{Ay} 。因撑杆为二力构件，且为直杆，所以撑杆作用于横梁的约束反力沿 B 、 C 两点连线，设为 S_B 。 N'_D 与 N_D 互为作用力与反

作用力。

(3) 图1-13 (c) 为撑杆受力图。

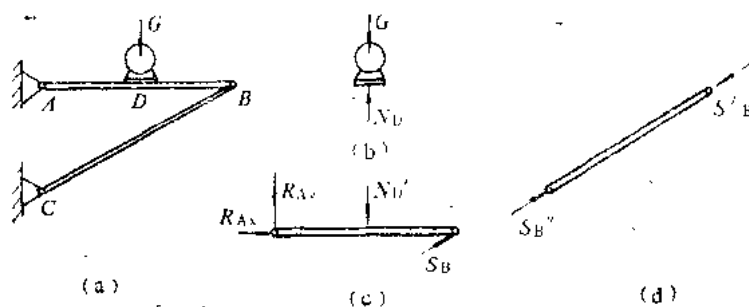


图 1-13

由作用与反作用公理, S_B' 与 S_B 大小相等、方向相反。因撑杆为二力构件, 由二力平衡公理, 所以 S_B'' 与 S_B' 大小相等, 方向相反。

例1-4 试画出图1-14 (a) 所示物系中构件AC和CD的受力图。

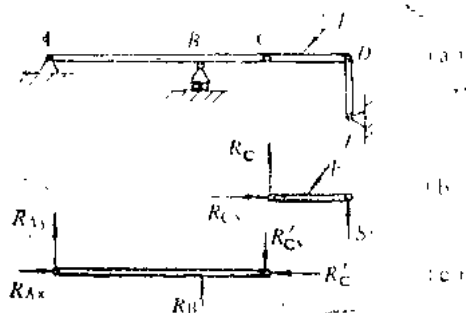


图 1-14

〔解〕 图1-14 (b) 为构件CD受力图。

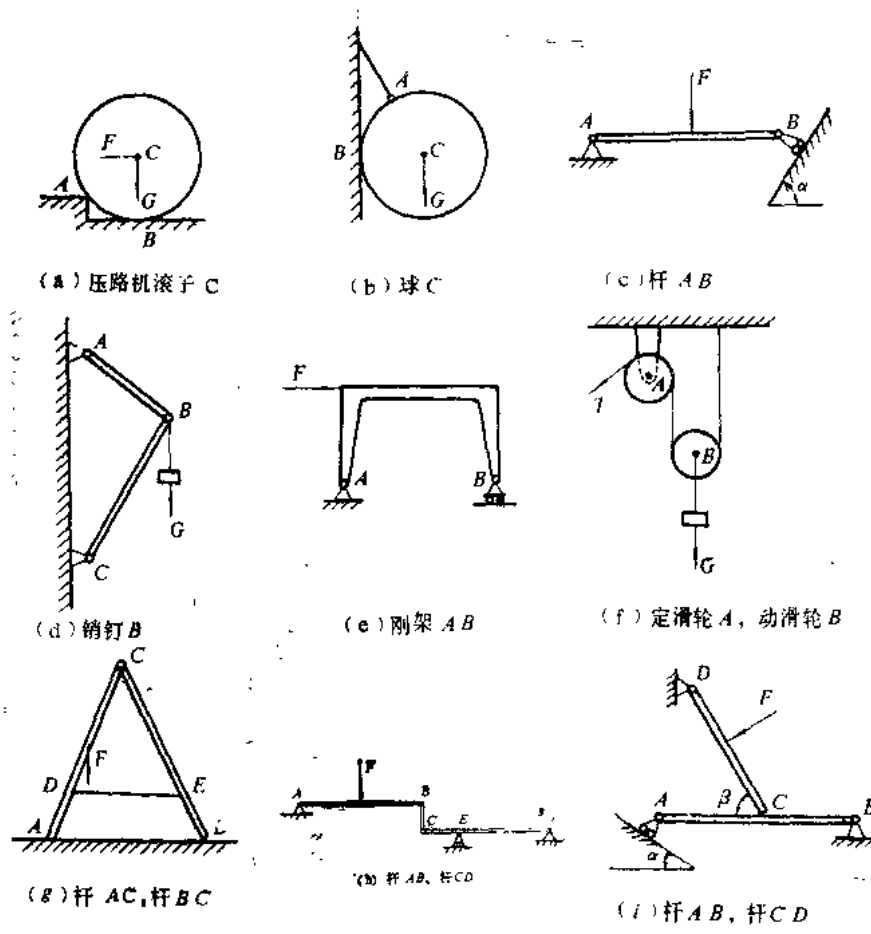
因为DE为二力构件, 所以二力构件作用于构件CD的约束反力沿D、E 两点连线, 设为 S_D 。C为铰链连接, 其约束反力与固定铰链支座相同, 通常也用两个互相垂直的分力表示, 设为 R_{Cx} 、 R_{Cy} 。

图1-14 (c) 为构件AC的受力图。

A为固定铰链支座, B为活动铰链支座, 它们的约束反力分别为 R_{Ax} 、 R_{Ay} , 而 R_B 垂直支承面。 R_{Cx} 与 R'_{Cx} 和 R_{Cy} 与 R'_{Cy} 互为作用力与反作用力。

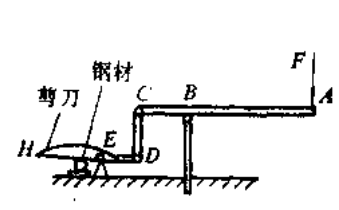
习 题

1—1 试分别画出下列各指定物体的受力图。假定接触处无摩擦。未标出自重的物体, 自重不计。

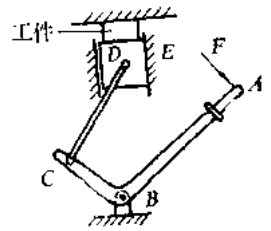


题 1-1 图

- 1-2 图示为手动剪断机。试画出杆ABC及剪刀DEH的受力图。
 1-3 图示为压力机。试分别画出杠杆ABC与滑块D的受力图。假定接触面是光滑的。

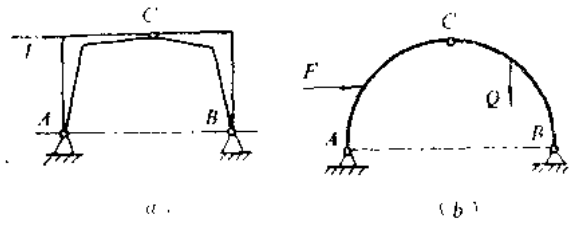


题 1-2 图



题 1-3 图

- 1-4 图示为三铰拱。试分别画出左、右拱及整个物系的受力图。拱架自重不计。



题 1-4 图

第二章 平面汇交力系

本章研究平面汇交力系的合成与平衡问题,着重讲述解析法研究平面汇交力系的平衡问题及其实际应用。

工程实际中,经常遇到平面汇交力系问题。例如,图1-11之箱盖,受 G 、 T_B 、 T_C 三个力作用,这三个力在同一平面内,且汇交于一点 A 。又如铁环 A ,受 T 、 T_B' 、 T_C' 三个力作用,此三个力亦在同一平面内,且汇交于点 A 。再如图1-12(a)之圆柱形工件,所受三力 G 、 N_A 、 N_B ,不仅在同一平面内,且交于一点 C 。这些都是平面汇交力系。

凡作用在物体上的一个力系,其所有各力的作用线都在同一平面内,且汇交于一点,这种力系称为平面汇交力系。

§ 2-1 平面汇交力系合成与平衡的几何法

一、合成

设一平面汇交力系 F_1 、 F_2 、 F_3 作用在一刚体上,其汇交点为 A ,如图2-1(a)。根据力的可传性原理,先将各力沿着各自的作用线移到汇交点 A ,如图2-1(b)。

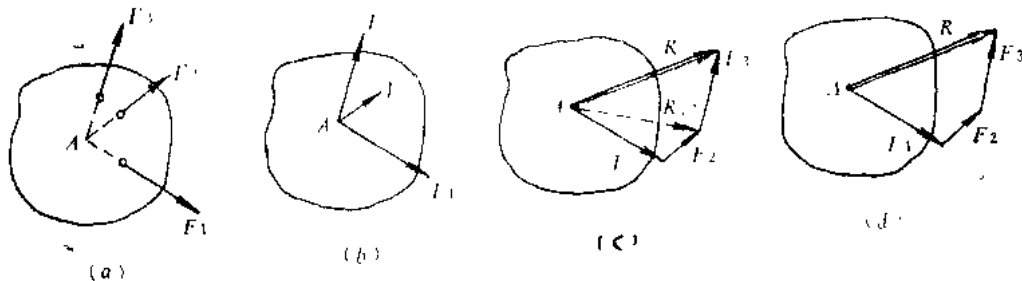


图 2-1

依次应用力三角形法则,先将 F_1 、 F_2 两力合成,得合力 R_{12} ;再将 R_{12} 、 F_3 合成,得合力 R ,如图2-1(c)。 R 也就是力系 F_1 、 F_2 、 F_3 的合力。

求合力 R 时,虚线 R_{12} 可以不画,而直接画出图2-1(d)所示力多边形,力多边形的封闭边即代表合力 R 。这种求合力的方法,称为力多边形法则。

可用矢量式表示为

$$R = F_1 + F_2 + F_3 = \Sigma F \quad (2-1)$$

也就是说,平面汇交力系合成结果是一个合力,合力大小和方向等于力系中各力的矢量和,合力作用线通过各力汇交点。

二、平衡

显然,如果刚体处于平衡,则合力为零。反之,如果合力为零,则刚体必处于平衡。因