

工程力学

郭玉明 主编

JONGCHENG LIXUE

中国农业科技出版社

前 言

随着新的本科专业目录的调整和教育改革的深入,各高等农林院校中农业机械化、食品科学与工程、水土保持、农田水利工程、农村机电等专业对“工程力学”课程的内容要求有较大差别,另外近年来各高校扩大办学规模,增设了一批函授、高职等层次的专科专业,其中机电工程类专业亦需一本适合中小学时的理论力学和材料力学两部分内容相互渗透的工程力学简明教程,为满足上述实际教学需要,山西农业大学郭玉明、张文焕、郑德聪,山西师范大学郭新荣,山西省农业机械化学校宋利华和运城机电工程学校郭云杰等同志编写了本书。编写中力求做到:理论力学和材料力学两部分内容相互贯穿协调、内容精炼,基本概念、基本理论论述严谨,文字简明扼要。具体编写分工为:郭玉明、郭新荣(绪论,第二篇中的第六、第七、第十、第十二章,第四篇中的第二十、第二十二章及附录 I、III),张文焕、郑德聪(第一篇中的第一、第二、第三、第四、第五章,第三篇中的第十五、第十六章及第四篇中的第十九章),宋利华(第二篇中的第八、第九、第十一章,第四篇中的第二十一章及附录 II),郭云杰(第二篇中的第十三、第十四章,第三篇中的第十七、第十八章)。

本书的特点是结合农业工程类各专业的培养目标和专业特色,内容深度和广度适当,突出理论联系实际,注意培养学生运用知识解决问题的能力,并适当介绍与反映现代科学技术的新成就,专业覆盖面较宽,小学时的专业可根据需要选讲。

在本书编写过程中,得到山西农业大学农业工程系崔清亮老师的大力帮助,书中全部插图由郑德聪老师绘制,编者向他们致以真挚的谢意。限于时间和编者水平,书中错误和欠妥之处在所难免,恳切使用本教材的教师和读者提出批评,以便改进。

编者

2000年6月

目 录

绪 论	(1)
-----------	-----

第一篇 静力学

第一章 基本概念	(5)
第一节 力、刚体和平衡的概念	(5)
第二节 作用和反作用定律 约束和约束力	(8)
第三节 分离体和受力图	(11)
第二章 平面汇交力系	(15)
第一节 平面汇交力系合成的几何法 平衡的几何条件	(15)
第二节 力在直角坐标轴上的投影 合力投影定理	(17)
第三节 平面汇交力系合成的解析法 平衡方程	(19)
第三章 力矩和力偶	(25)
第一节 力对点的矩	(25)
第二节 力偶和力偶矩	(25)
第三节 平面力偶系的合成和平衡条件	(27)
第四节 力的平移	(29)
第四章 平面一般力系	(33)
第一节 平面一般力系向一点简化	(33)
第二节 简化结果及其分析 合力矩定理	(34)
第三节 平面一般力系的平衡方程	(36)
第四节 物体系的平衡	(42)
第五节 考虑摩擦存在的平衡问题	(46)
第五章 空间力系	(57)
第一节 力沿直角坐标轴的分解及其投影	(57)
第二节 力对轴的矩	(59)
第三节 空间一般力系的平衡条件和平衡方程	(61)
第四节 平行力系的中心 物体的重心 平面图形的形心	(64)

第二篇 材料力学

第六章 材料力学的基本概念	(77)
第一节 材料力学的任务	(77)
第二节 变形固体的基本假设	(77)

第三节	外力及其分类	(78)
第四节	杆件变形的基本形式	(79)
第七章	拉伸和压缩	(81)
第一节	概念和实例	(81)
第二节	轴向拉伸或压缩时的内力和应力	(81)
第三节	轴向拉伸或压缩时的变形	(85)
第四节	拉伸与压缩时材料的机械性质	(88)
第五节	许用应力和抗压强度条件	(94)
第六节	简单拉、压静不定问题	(98)
第七节	变形的概念	(100)
第八节	应力集中的概念	(102)
第八章	剪切和挤压	(109)
第一节	概念和实例	(109)
第二节	剪切的实用计算	(110)
第三节	挤压的实用计算	(111)
第九章	扭转	(117)
第一节	概念和实例	(117)
第二节	外力偶矩和扭矩的计算	(117)
第三节	纯剪切 剪切虎克定律	(120)
第四节	圆轴扭转时的应力和变形	(122)
第五节	圆轴扭转时的强度和刚度条件	(127)
第十章	平面弯曲内力和强度	(135)
第一节	概念和实例	(135)
第二节	剪力和弯矩 剪力方程和弯矩方程 剪力图和弯矩图	(137)
第三节	梁纯弯曲时横截面上的正应力	(143)
第四节	横力弯曲时梁横截面上的剪应力简介	(148)
第五节	梁的弯曲强度条件及其应用	(149)
第六节	提高弯曲强度的一些措施	(155)
第十一章	平面弯曲刚度	(163)
第一节	弯曲构件的挠度和转角	(163)
第二节	挠曲线的近似微分方程及其应用	(164)
第三节	用叠加法求变形 刚度条件	(171)
第四节	用变形比较法解简单静不定梁	(179)
第十二章	应力状态及强度理论	(185)
第一节	应力状态的概念	(185)
第二节	二向应力状态分析—解析法	(186)
第三节	广义虎克定律 弹性变形能	(192)
第四节	强度理论的概念	(196)

第五节	常用的四种强度理论	(197)
第十三章	组合变形强度计算	(205)
第一节	概述	(205)
第二节	弯曲与拉伸(压缩)的组合变形	(205)
第三节	偏心拉伸或压缩	(210)
第四节	弯曲与扭转的组合变形	(212)
第十四章	压杆稳定	(221)
第一节	概述	(221)
第二节	细长压杆的临界压力公式	(222)
第三节	临界应力和中、小柔度杆的临界应力	(225)
第四节	压杆稳定的计算	(228)

第三篇 运动学与动力学

第十五章	点的运动	(243)
第一节	点的平面曲线运动 运动方程	(243)
第二节	点的速度和加速度在直角坐标轴上的投影	(246)
第三节	点的速度和加速度在自然坐标轴上的投影	(251)
第四节	质点的动力学的基本定律	(257)
第五节	质点的运动微分方程	(258)
第六节	达朗伯原理 动静法	(264)
第十六章	刚体的基本运动	(271)
第一节	刚体的平动	(271)
第二节	刚体平动时惯性力系的简化 质心运动定理	(272)
第三节	刚体绕定轴转动	(276)
第四节	转动刚体上各点的速度和加速度	(279)
第五节	刚体转动微分方程	(282)
第六节	转动惯量与回转半径	(285)
第十七章	点的复合运动	(293)
第一节	复合运动的基本概念	(293)
第二节	点的速度合成定理	(295)
第十八章	刚体的平面运动	(303)
第一节	平面图形的运动方程 平面运动分解为平动和转动	(304)
第二节	平面图形内各点的速度分析—合成法	(306)
第三节	平面图形内各点的速度分析—瞬心法	(312)

第四篇 专 题

第十九章 功能原理	(323)
第一节 力的功	(323)
第二节 质点和刚体的动能和动能定理	(329)
第二十章 单自由度系统的振动	(343)
第一节 概述	(343)
第二节 自由振动	(343)
第三节 阻尼振动	(348)
第四节 强迫振动	(351)
第五节 减振和隔振的概念	(355)
第二十一章 交变应力	(361)
第一节 概述	(361)
第二节 持久极限及其影响因素	(364)
第三节 构件的疲劳强度计算	(369)
第四节 提高构件疲劳强度的措施	(372)
第二十二章 动应力的计算	(375)
第一节 动应力的概念	(375)
第二节 构件作匀加速直线运动和匀速转动时的应力计算	(375)
第三节 冲击和振动	(380)

附 录

附录 I 平面图形的几何性质	(395)
§ I - 1 静矩	(395)
§ I - 2 惯性矩、惯性积和惯性半径	(397)
§ I - 3 平行移轴公式和组合图形惯性矩的计算	(401)
§ I - 4 主轴和主惯性矩的概念	(403)
附录 II 型钢表	(405)
附录 III 习题答案	(409)

绪 论

一、概 述

工程力学通常包括“理论力学”和“材料力学”两门课程的有关内容。它是研究物体的机械运动和构件承载能力的一门科学。

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，是指物体在空间的位置随时间的变化。它是宇宙间一切物质运动最普遍、最简单的形式。在力学范围内，通常把机械运动简称为运动。

理论力学和现代工程技术有着极为广泛的联系。如人造卫星的发射和航天飞机的研制，农机、化工、轻工等工业生产中的结构物和机器等，它们有的作直线运动，有的作回转运动，有的作各种复杂运动，而有的则是静止（静止是机械运动的特例）。因此，研究机械运动的规律以及静止物体的受力分析和平衡问题，都要用到理论力学的知识。

为便于研究，理论力学通常分为三部分，即静力学、运动学和动力学。

静力学是研究物体平衡的科学，是研究材料力学和动力学的基础，在工程中具有重要的意义。平衡是物体机械运动的特殊形式，在工程上平衡是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。在静力学中主要研究力系的简化和物体的平衡条件。

运动学是研究物体在空间的位置随时间变化规律的科学，在工程中有其独特的意义。如对一部机器，为了满足生产的需要，首先要求各零部件能正确实现预先规定的运动，这就需要运动学的知识。

动力学研究的是物体机械运动的变化和作用在物体上的力之间的关系，它在理论力学中占有主体地位。动力学的知识在工程技术中应用甚广，动力机械设计，结构动力学分析等工程问题都需要动力学的知识。

材料力学是关于各种类型构件强度、刚度及稳定性计算的科学。是工程设计的必要基础。

机械或工程结构的每一组成部分称为构件，材料力学研究的构件形状多为杆件或简单的杆系结构。当机械或工程结构工作时，每一构件都将受到载荷的作用。如贮气罐或氧气瓶，在规定压力下不应爆破，这属于强度问题。可见，强度是指构件在载荷作用下抵抗破坏的能力。在载荷的作用下，构件的形状和尺寸会发生变化，称为变形。某些构件的变形，不能超过正常工作允许的限度。如吊车梁，即使它的强度符合要求，若变形过大，也会影响起吊小车的行走。可见，刚度是指构件在外力作用下抵抗变形的能力。有的构件为细长直杆，如千斤顶中的螺杆，在压力作用下有被压弯的可能，为了保证其

正常工作，要求这类杆件始终保持直线形式，即要求原有的直线平衡形态保持不变。这属于稳定性问题。可见稳定性是指构件保持原有平衡形态的能力。构件的强度、刚度和稳定性统称为构件的承载能力，所以，材料力学又可认为是研究构件承载能力的一门科学。

材料力学的内容包括物体受力和变形的研究及材料在不同情况下的机械性质的研究。构件的安全和最经济地使用材料，这两个要求是相互矛盾的，在合理理解决安全与经济这一对矛盾中促使材料力学按照科学的方法不断地发展。

考虑到内容的相互联系和不同层次的需要，本书的编排为：第一篇静力学；第二篇材料力学；第三篇运动学和动力学；第四篇专题。

二、地位、作用和研究方法

工程力学是现代工程技术的重要理论基础之一。它是工科各类专业重要的一门技术基础课，它以高等数学和物理学为基础，而又为结构力学、机械原理和机械零件等后续课程提供必要的理论分析依据。此外，它也为进一步学习弹塑性力学和断裂力学等力学分支课程奠定必要的基础知识。因此，可以说它在基础课和专业课之间起着桥梁的作用。

工程力学的研究方法按宏观的连续介质力学分析方法进行。一般遵循实验、观察分析、假设推理、检验等步骤，理论和实验占有同等重要的位置。

第一篇 静力学

静力学主要研究作用在物体上力系的简化和受力物体的平衡条件。

作用于物体上的一群力称为一个力系。所谓平衡，是指物体相对于惯性参考系处于静止或匀速直线运动的状态。在工程力学问题中，平衡是相对于地球而言的。

物体在力系作用下如保持平衡，则作用于该物体上的力系称为平衡力系。

在静力学中，我们将研究以下三个问题。

一、物体的受力分析

即找出作用于物体上的力系。具体做法是分析某个物体共受几个力的作用以及每个力的大小、方向和作用线位置。

二、力系的等效变换

所谓力系的等效变换，就是将作用于某一物体上的已知力系用另一个与它等效的力系来代替。如果用一个简单的力系等效地替换一个复杂力系，则称为力系的简化。如果一个力系可用一个力来等效，则该力就称为原力系的合力。在工程实际中，作用于物体上的力系往往相当复杂，因此无论是静力学问题还是动力学问题，都需要对力系进行简化，以便于了解原力系对物体作用的效应。

三、力系的平衡条件

即研究物体平衡时，作用于物体上的力系所需满足的条件。

第一章 基本概念

第一节 力、刚体和平衡的概念

一、力的概念

力是物体间相互的机械作用，这种作用使物体的机械运动状态发生变化或能引起物体的变形。

可见，力不能脱离物体而出现。同时，有力就必定至少存在着两个物体。

力使物体运动状态发生变化的效应称为力的外效应，或运动效应；而力使物体发生变形的效应则称为力的内效应，或变形效应。本篇只研究力的外效应，第二篇再研究力的内效应。

实践表明，力对物体的作用效应决定于三个因素：(1) 力的大小；(2) 力的方向；(3) 力的作用点。此乃力的三要素。

我们用一个矢量来表示力的三个要素，如图 1-1 所示。此矢量的长度 AB 按一定的比例尺表示力的大小；矢量的方向表示力的方向；矢量始端 A 点表示力的作用点。矢量 AB 所沿着的直线（图 1-1 上的虚线）表示力的作用线。我们常用 F 表示力的矢量，而用普通字母 F 表示力的大小。



图 1-1

在国际单位制中，力的单位是“牛顿”（代号为牛或 N ）、“千牛顿”（千牛或 kN ）等。

作用于物体上同一点的两个力可合成为作用于该点的一个力，称为合力，此合力的大小和方向由以原来二力为邻边所构成的平行四边形的对角线所确定，这称为力的平行四边形法则（图 1-2）。如果以 F_1 、 F_2 表示原来的两力，以 F 表示合力，则有

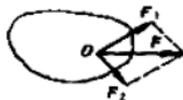


图 1-2

$$F = F_1 + F_2$$

(1-1)

即合力等于两分力的矢量和。

为了简便，在利用作图法求两共点力的合力时，可先从两分力的共同作用点 O 画出某一分力矢，再自此分力矢的终点画出另一分力矢，最后由 O 点至第二分力矢的终点作一矢量，就是合力 F 。这一作图过程见图 1-3 (a) 或 (b)。虽然二者作图次序不同，但最后结果相同。以上作图法称为力的三角形法则。

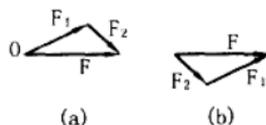


图 1-3

力的平行四边形法则是力系简化的主要依据之一，同时，它也是力的分解法则。在力的分解过程中以同一个力为对角线可作出无限多个不同的平行四边形，故若无其他条件限制，则将一个力分解为两共点力的解答就不是唯一的。在实际问题中，常常是根据需要而将力沿两指定的方向分解。

二、刚体的概念

所谓刚体是这样的物体；在力的作用下，其内部任意两点之间的距离始终保持不变，即假设物体没有任何变形。实际上任何物体在力的作用下，都会产生程度不同的变形。但是，这些微小的变形，对研究物体的平衡问题不起主要作用，从而可以略去不计，这样可使问题的研究大为简化。

本篇所研究的物体一律假定为刚体。

三、平衡的概念

前面已经提到，物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态称为平衡。下面介绍平衡的两个重要原理。

(一) 二力平衡原理

作用在刚体上的两个力，使刚体处于平衡的必要和充分条件是：这两个力的大小相等，方向相反，且在同一直线上，如图 1-4 (a) 所示，即：

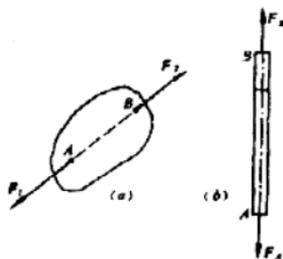


图 1-4

$$F_1 = -F_2$$

注意以上是对刚体而言。对于柔体，这个条件是不充分的。例如：软绳受两个等值反向的拉力作用可以平衡，而受两个等值反向的压力作用就不能平衡了。在 F_A 和 F_B 二力作用下保持平衡的杆件称为二力杆件或二力构件。如图 1-4 (b)。

(二) 加减平衡力系原理

在已知力系上加上或减去任意的平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效应。这一原理称为加减平衡力系原理。

根据这个原理可导出下面两个推论：

推论 1 力的可传性原理 作用于刚体上某点的力，可沿该力的作用线移到刚体内任意一点，而并不改变该力对刚体的作用效应。

证明如下：设力 F 作用在刚体上 A 点，如图 1-5 (a) 所示。根据加减平衡力系原理，可在力的作用线上任取一点 B ，并加上两个相互平衡的力 F_1 和 F_2 ，使 $F = F_2 = -F_1$ ，如图 1-5 (b) 所示。由于力 F 和 F_1 是一个平衡力系，故可除去。这样只剩下一个力 F_2 ，如图 1-5 (c) 所示。由于原来的力 F 与力系 (F, F_1, F_2) 以及力 F_2 等效，因此力 F_2 ，就是原来的力 F ，只是作用点沿作用线移到了 B 点而已。

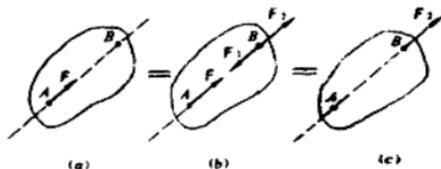


图 1-5

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。所以，对于刚体来说，力的三要素是：力的大小、方向和作用线。

推论 2 三力平衡汇交原理 如果刚体受三个相互平衡的力作用，若其中两个力的作用线汇交于一点，则此三力必在同一平面内，且第三个力的作用线也必通过汇交点。

证明如下：如图 1-6 所示，在刚体的 A 、 B 、 C 三点上，分别作用三个相互平衡的力 F_1 、 F_2 、 F_3 。根据力的可传性，将力 F_1 和 F_2 移到汇交点 O ，然后根据力的平行四边形法则，得合力 R ，则力 F_3 应与 R 平衡。而由于两个力平衡必须共线，所以力 F_3 必定与力 F_1 和 F_2 共面，且通过 F_1 与 F_2 的交点 O 。于是得证。

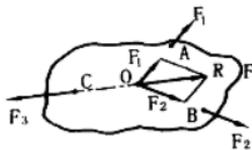


图 1-6

第二节 作用和反作用定律 约束和约束反力

一、作用和反作用定律

由于力是物体间相互的机械作用，所以，当甲物体以一力作用于乙物体时，乙物体对甲物体必有一反作用力，两力同时存在，大小相等，方向相反，沿着同一直线分别作用在这两个物体上。这就是作用和反作用定律。

必须强调指出，作用力与反作用力是分别作用在两个不同物体上的，切不可与作用在同一物体上的二力平衡概念相混淆。

二、约束和约束反力

有些物体，例如飞行的飞机，它在空间的位移不受任何限制。位移不受限制的物体称为自由体。但此物体如电机转子、悬挂的重物等，它们在空间的位移都受到一定的限制。电机转子受轴承的限制，只能绕轴线转动；重物受悬索的限制，不能下落。凡位移受到限制的物体称为非自由体。对非自由体的某些位移起限制作用的一切装置称为约束。

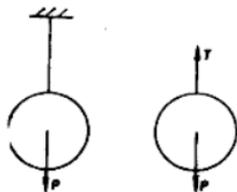


图 1-7

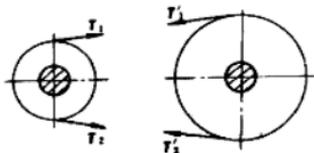


图 1-8

既然约束限制着物体的运动，所以约束对被约束物体有力的作用，这种力称为约束反力，简称反力。因此，约束反力的方向必与该约束所能够限制物体的运动方向相反。至于约束反力的大小往往是未知的，随主动力的变化而有所变化。

能使物体运动或有运动趋势的力称为主动力。例如，物体所受到的重力、驱动力等都是主动力。显然，约束反力由主动力所引起并随主动力的改变而改变。主动力在工程上常称为载荷。

下面分析几种常见约束对物体的约束反力。

(一) 柔体约束

绳索、链条及胶带等柔体只能限制物体沿它们的中心线而分离的运动，故柔体对物体的约束反力应沿柔体的中心线且为拉力，通常用 T 表示。图 1-7 中 T 表示绳索对重物 P 的约束反力，图 1-8 是皮带的约束反力。

(二) 光滑面接触约束

被约束物体与约束物体的接触面为光滑接触面，被约束物体可沿接触面的公切面运动，但不能沿通过接触点的公法线并朝约束它的物体的方向运动。因此，光滑接触面对物体的约束反力应作用于接触点并沿接触面的公法线，指向被约束的物体，通常以 N 表示。图 1-9 (a) 中，约束反力由支持物体的平面给出，图 1-9 (b) 中约束反力来自啮合齿轮的齿面，当接触表面非常光滑，摩擦可以不计，就可视为光滑面接触约束。

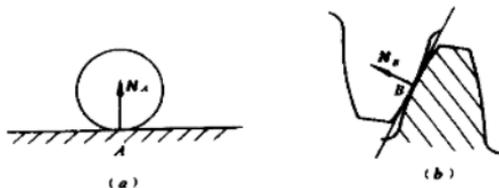


图 1-9

(三) 光滑铰链约束

光滑铰链约束通常由一个圆孔套在一个圆轴外面，且不计圆孔和圆轴间的摩擦而构成。它在工程中有多种具体形式，现将其中主要的几种分述如下。

1. 圆柱形销钉连接 要机器中常用圆柱形销钉 C 将两个零件 A 、 B 连接在一起，如图 1-10 (a)，如果销钉和销孔是光滑的，那么销钉只限制两零件的相对移动，而不能限制两零件的相对转动。具有这种特点的约束称为铰链。按照光滑接触面反力的特点，销钉给零件的反力 N 应沿圆柱面在接触点 D 的公法线方向，如图 1-10 (b)。但因接触点 D 的位置随载荷的改变而改变，因而反力的大小和方向不能预先确定。为此在受力分析中，一般将销钉的反力用两个正交分力 N_x 、 N_y 表示，如图 1-10 (c)。

2. 铰链支座 工程上常用铰链将桥梁、起重机的起重臂等同桥墩或机架等连接起来。如图 1-11 (a) 桥身用固定铰链支座 A 和可动铰链支座 B 来支承。如图 1-11 (b)，固定铰链支座把桥身同固定支承面连接在一起，使桥身不能移动，只能绕固定铰链转动。固定铰链支座的约束反力大小和方向也往往不能预先确定，所以也要用两个正交分力 N_{Ax} 、 N_{Ay} 来表示。

如果在支座和支承面之间有辊轴，它允许在公切线方向移动和围绕铰链转动，但不

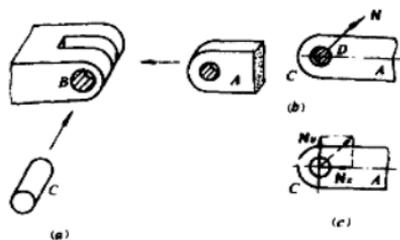


图 1-10

允许在公法线方向移动，这样的支座就叫做可动铰链支座，或称辊轴支座。图 1-11 (c) 是可动铰链支座的简图。



图 1-11

3. 向心轴承 转轴的轴颈可用向心滑动轴承支承 (图 1-12)，在受力分析上与圆柱形销钉连接是相同的。

也可用向心滚动轴承支承 (图 1-13)，其余支点是在垂直于轴的平面内，这两种轴承只限制轴的移动而不限制轴的转动，这一约束性质与铰链相同，所以向心轴承的反力也可用两个正交分力 N_x 、 N_y 来表示。

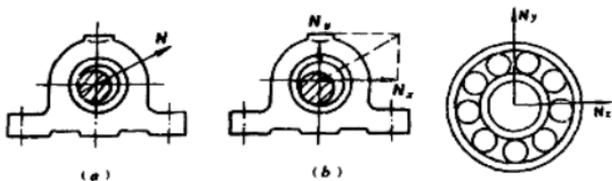


图 1-12

图 1-13

综上所述，圆柱形销钉、铰链支座、向心轴承等，它们的具体结构虽然不同，但构成的约束性质是相同的，都可简化为光滑圆柱铰链。

第三节 分离体和受力图

对受力物体进行力学分析时,首先要确定物体所受力以及每个力的作用位置和作用方向,这个分析过程称为物体的受力分析。

作用于物体上的力可分为主动力和约束反力两类。

物体间相互作用时,一个是施加力的物体,称为施力体;另一个是接受力的物体,称为受力体。受力体就是研究对象。研究物体的受力情况时,需要把受力体从周围的施力体中分离出来。被分离出来的物体称为分离体;在分离体上画出所受全部力的图称为受力图。这个工作叫做取分离体和画受力图。

例 1-1 画出图 1-14 所示放在半圆槽中的直杆 AB 所受的约束反力。设接触面是光滑的。

解 AB 杆在 B 点和 C 点受到光滑面接触约束,约束反力为 N_B 和 N_C 。现判断 N_B 和 N_C 的方向。

由于 AB 杆上 B 是一个点,它的法线有无数多条,而支座上 B 点的法线沿圆半径 OB 方向,因此两者的公法线是支座上 B 点的法线 OB。所以反力 N_B 作用于 B 点,并指向圆心 O 的方向。



图 1-14

AB 杆上 C 点的法线过 C 点且与 AB 垂直,而支座上 C 点的法线有无数多条,所以两者的公法线就是 AB 杆上 C 点的法线,它与 AB 杆垂直。因此,反力 N_C 作用于 C 点,沿与 AB 杆垂直的方向。

画约束反力时,可把力天的起点或箭头画在力的作用点。

例 1-2 在图 1-15 (a) 所示的三角架中, A、B、C 为铰链,悬挂重物 Q 的绳子系在 C 铰链的销钉上,杆 AC、BC 的自重不计。试画出杆 AC、BC 和重物 Q 及销钉 C 的受力图。

解 按以下步骤进行受力分析。

1. 将 AC 杆作为研究对象。AC 杆两端用销钉联接,为二力杆件,设两端受拉力 S_A 和 S_C ,如图 1-15 (b), S_A 和 S_C 分别为销钉 A、C 对 AC 杆上 A 和 C 点的作用力。

2. 将 BC 杆作为研究对象。BC 杆两端用销钉联接,为二力杆件。设

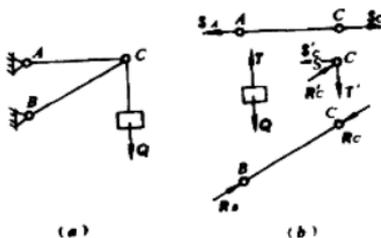


图 1-15