

职业高中汽车维修专业系列教材

汽车维修 机械基础



上海市教育委员会职教办
上海交运（集团）公司 编
上海市公共交通总公司

上海科学技术出版社



· 职业高中汽车维修专业系列教材 ·

汽车维修机械基础

上海市教育委员会职教办
上海交运(集团)公司 编
上海市公共交通总公司

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车维修机械基础/上海市教育委员会职教办等编.
上海:上海科学技术出版社,1995.6(2007.7 重印)
(职业高中汽车维修专业系列教材)

ISBN 978-7-5323-3693-7

I. 汽... II. 上... III. 汽车—维修机械—职业高中—教材 IV. U472.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 112900 号

责任编辑 姚伟民

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码:200235)

新华书店上海发行所经销 诸暨市富林印务有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14.25 字数 338,000

1995 年 6 月第 1 版 2007 年 7 月第 13 次印刷

印数:176901-178400

ISBN 978-7-5323-3693-7

定价:13.80 元

本书如有缺页、错装和坏损等严重质量问题,

请向承印厂联系调换

再 版 前 言

自1991年初版以来,职业高中汽车维修专业系列教材受到了全国各地职业技术教育界的热情欢迎和积极支持,需求量日益递增,充分显示了这套教材的通用性、系统性和实用性特色。

为不断提高教材的质量和完善教材的体系,我们在初版教材的基础上,根据教学实践和读者使用后的反馈信息,并按照“精、新、实、全”的编写要求,作了全面、系统的修订:

1. 《汽车构造》、《汽车修理》、《汽车电气设备》、《汽车常用材料及加工工艺》四本教材都增补了教学实习指导大纲,使教材在应知、应会上得到了较好的统一。

2. 《机械制图》、《机械基础》、《汽车电工基础》均改名为《汽车维修机械制图》、《汽车维修机械基础》、《汽车维修电工基础》,使教材更贴近专业实际。

3. 为了满足《汽车维修机械制图》教学的迫切需求,增补了与其相配套的《汽车维修机械制图习题集》。

4. 依据初版使用后的反馈信息,对各本教材都作了认真而细致的增删与整编。

5. 全套教材由原9本改为10本:《汽车维修职业道德》,《汽车维修全面质量管理》,《汽车维修机械制图》,《汽车维修机械制图习题集》,《汽车维修机械基础》,《汽车维修电工基础》,《汽车常用材料及加工工艺》,《汽车电气设备》,《汽车构造》与《汽车修理》。每册均改为16开本。

这套教材除供职业高中三年制汽车维修专业学生使用外,也可作为中等技工学校,成人中、初级汽车维修人员的培训教材和汽车维修爱好者的自学读物。本套教材难免还有不足之处,敬请行家与读者批评指正,以使本套教材日臻完善。

本教材由陈仲武、乐行编写,由徐文盛、殷光审稿。

职业高中汽车维修专业系列教材编委会

1995年1月

序

十一届三中全会以来，我国实行了一系列改革开放政策，经济得到了前所未有的发展。由于我国正处于社会主义初级阶段，必须大力发展社会主义市场经济，商品经济的活跃，离不开现代化的运输工具。在飞机、火车、轮船、汽车之中，最经济、最灵活、最实用的首推汽车，所以上海汽车的总数从1977~1990年有了大幅度的增长。这样，不仅驾驶员显得不足，汽车维修的人才就更加紧缺。教育要为经济建设服务，必须加速这方面人才的培养，要开设有关专业和编出相应的教材。就在着手编写这套系列教材的过程中，春风又传喜讯二则：

第一，国家教委在《关于发展与改革职业技术教育的决定》中指出：“要加强职业技术教育的教材建设……要尽快落实规划，组织好力量，本着全国统编和地方自编相结合，编、选、借、评相结合和一纲多本的原则，解决各类职业技术教育对教材的需要。”

第二，上海市委、上海市政府决定扩大轿车生产规模，到1995年将从目前每年生产不足2万辆增至12万辆，1994年还将开发出新车型投放市场。这样，汽车工业将成为上海第一支柱产业。

这些喜讯极大地鼓舞了全体编写人员，使大家了解自己工作的深远意义。与此同时，还应看到，随着经济的不断发展，今后汽车很可能会进入亿万百姓之家。到那时，学习汽车维修的，不仅是驾驶员和维修人员了，广大人民就像今天熟知自行车维修一样熟知汽车的维修，可以预料，学习汽车维修课本的读者肯定会与日俱增。

为了编好这套教材，教材编写委员会聘请了许多有实践经验的专家和有长期教学经验的老师参加这项工作，由于时间比较紧，编写过程中难免有不足之处，欢迎广大读者积极参与进来，提出宝贵意见，以使教材再版时能更趋完善。

上海市教育局副局长 凌同光

1994年3月

目 录

绪论	1
第一章 理论力学基础知识	2
引言	2
第一节 静力学基本概念及受力分析	2
第二节 平面汇交力系	9
第三节 力矩和力偶	15
第四节 平面任意力系	19
第五节 摩擦	22
第六节 刚体的定轴转动	27
第二章 材料力学基础知识	34
第一节 材料力学的基本概念	34
第二节 拉伸和压缩	38
第三节 剪切与挤压	49
第四节 圆轴扭转	53
第五节 弯曲	57
第三章 常用机构	68
第一节 概述	68
第二节 平面连杆机构	71
第三节 凸轮机构	78
*第四节 间歇运动机构	84
第四章 机械传动	89
第一节 带传动	89
第二节 螺纹联接和螺旋传动	99
第三节 链传动	112
第四节 齿轮传动	117
第五节 蜗杆传动	137
第六节 轮系	140
第五章 轴系零件	147
第一节 键联接	147
第二节 销联接	151
第三节 轴	152
第四节 轴承	156
第五节 联轴器和离合器	164

第六章 液压传动与液力传动	169
第一节 液压传动概述.....	169
第二节 液压元件.....	177
第三节 液压基本回路及液压系统.....	189
*第四节 液力传动简介.....	195
第七章 气压传动	200
第一节 概述.....	200
第二节 气压传动元件.....	201
第三节 气动基本回路及气动系统应用实例.....	207
附录	212
表 1 机构运动简图符号(GB4460-84)	212
表 2 常用液压及气动系统图图形符号(GB786-76).....	216

绪 论

一、本课程的性质和任务

《汽车维修机械基础》是职业技术学校汽车维修专业一门重要的基础课程，它与汽车维修专业的其他各门课程密切相关，具有承上启下的作用。

一般机械类专业的《机械基础》往往着重于研究各类机械都具有的普遍性问题，而《汽车维修机械基础》既研究所有机械都具有的普遍性问题，又研究作为专用运输机械——汽车所具有的特殊性问题。《汽车维修机械基础》有明显的汽车专业特色。

随着经济建设的发展，我国近几年来在汽车制造以及使用方面发展较快。汽车制造方面先进技术大量引进，汽车的拥有量大幅度增长。因此也相应地需要大量掌握现代汽车维修专业知识和技术的人才。职业技术学校汽车维修专业的学生就是汽车维修技术人才的一支后备军。职校生要成为一名合格的汽车维修技术人员，机械基础的知识是必不可少的，因此学好《汽车维修机械基础》是很重要的。

学好《汽车维修机械基础》，不仅能为学生学习《汽车构造》、《汽车修理》等专业课程打好理论基础，而且能为学生走上工作岗位后接触各类机械设备、新型车辆，处理机械制造、安装、使用、维修乃至技术革新等方面的问题提供必要的机械基础理论和基本知识。通过对《汽车维修机械基础》的学习，应使学生对机械有一定的分析能力、进行有关计算的初步能力和简单设计的能力，为学生成为汽车维修技术人才而打好基础。

二、本课程的内容

对机械的研究是以力学理论为基础的，机械的常用机构、机械传动、轴系零件则是本课程研究的主要对象，另外现代机械以及不少种类的汽车常常采用液压传动和气压传动，考虑到上述诸因素，我们把本课程的内容归纳为七大部分：（1）理论力学基础知识（以静力学为主）；（2）材料力学基础知识；（3）常用机构（平面连杆机构、凸轮机构和间歇运动机构）；（4）机械传动（三角带传动、螺纹联接与螺旋传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系）；（5）轴系零件（键、销、轴、轴承、联轴器和离合器）；（6）液压传动；（7）气压传动。

三、如何学好本课程

学习本课程不仅需要应用物理和数学的基本概念及运算方法，而且需要使用金属材料、机械制图等基础知识，要贯彻理论联系实际的原则，从感性认识出发，联系日常生活、生产、汽车的使用和维修中的具体实例，提高到理论上进行分析，培养综合分析问题和解决问题的能力。同时还要认真做好习题，使学习取得良好的效果。

第一章

理论力学基础知识

引言

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改变。机械运动是自然界和工程实际中最常见，最简单的一种运动，例如星球的运动，车辆、船只的行驶，机器的运转都是机械运动。

描述物体的位置一般是以假定不动的参照物为基准来确定的，所以在描述某一物体的运动时，只能说明该物对某一参照物的相对运动。当一个物体相对于参照物位置固定不变时，即认为该物体处于静止状态。工程上常用的参照物是地球，因此一般所说的静止，都是相对于地球的静止。物体的静止或匀速直线运动状态，称为平衡状态。平衡是机械运动中的一种特殊情况。

在理论力学中，在研究物体受力情况时，常把实际物体看成为刚体。所谓刚体就是在力的作用下不发生变形的物体，实际上任何物体在外力作用下都要产生变形，不过在工程实际中这种变形往往很微小，对其影响可忽略不计，因此在理论力学中可把物体抽象为理想化的力学模型——刚体，这样可以大大简化研究的问题，并给理论力学的计算带来方便。实践证明：引用刚体这一概念在许多情况下得到的结果是足够精确的。但应指出：采用刚体这一模型时，必须注意研究问题的条件和范围。

理论力学包含静力学、运动学和动力学三个部分，在本教材中我们着重讨论静力学，主要研究物体的受力情况和平衡问题。静力学在理论力学中属于较浅易的一部分。此外我们对刚体的定轴转动的基础知识也作一定的介绍。

第一节 静力学基本概念及受力分析

一、力和与力有关的概念

1. 力的概念

力的概念是从劳动中产生的。人们在推、拉、提、掷物体时，从肌肉的紧张收缩中，感觉到了人对物体施加的作用。从而产生了对力的感性认识。经过长期的生产劳动和生活实践，人们逐步加深了对力的认识并建立了力的概念：力是物体间相互的机械作用，这种作用的效应是使物体的运动状态发生改变，或使物体产生变形。例如：滚动的车轮受到制动块的摩擦而使车轮运动变慢，直到车辆停驶。吊车起吊重物时，重物受到钢丝绳的提拉而上升。薄钢板受到压力机的上下模挤压而变形成为轿车的外壳等等。力使物体运动状态改变的效应叫作力的外效应，而力使物体产生变形的效应叫作力的内效应。理论力学只研究

力的外效应,而力的内效应则在材料力学中研究。

力不能脱离物体而存在,当某一物体受到力的作用时,必有另一物体对它施加作用。在研究物体受力时,必须分清哪个是受力物体,哪个是施力物体。

2. 力的三要素

力对物体的效应取决于力的三要素:(1)力的大小,(2)力的方向,(3)力的作用点。这三个要素中有任何一个改变时,力对物体作用的效果也随之改变。

为了测定力的大小,必须确定力的单位。在国际单位制(SI)中以牛顿作为力的单位,记作 N。牛顿单位较小,人们有时也以千牛顿作为单位,记作 kN。

3. 力的图示法

力是矢量,它既有大小又有方向。力的三要素可用有向线段来表示。线段的长度(按一定比例)表示力的大小,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,这种方法叫作力的图示法。例如:小车受到 40 牛顿的推力,可用图 1-1 所示的有向线段来表示。通过力的作用点,按力的方向所画的直线称为力的作用线。

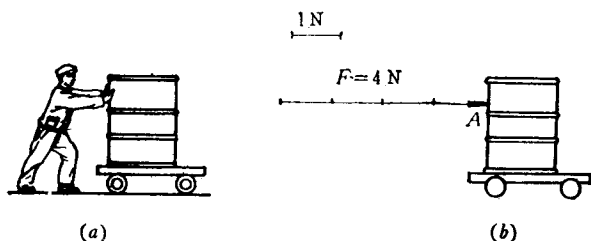


图 1-1 力的图示法

本书用黑体字母表示矢量(如 $\mathbf{F}$),矢量的大小,则用相应字母(如 F)表示,即 F 表示 $\mathbf{F}$ 的大小。

4. 力系

为了便于以后的研究和叙述,在此,我们首先要讲清有关力系的一些概念:

(1) 力系 同时作用在物体上的一群力称为力系。

(2) 平衡力系 如果某一力系作用在物体上,使物体处于平衡状态,则这个力系称为平衡力系。

(3) 等效力系 如果一个力系对物体的作用效果和另一个力系对该物体的作用效果相同,那么,这两个力系是等效力系。在理论力学中等效力系可以互相替换。

(4) 合力 如果一个力和一个力系等效,那么,这个力就叫作这个力系的合力,力系中的其他各力叫作这个合力的分力。由已知力系求其合力称为力的合成;相反地,用一个力系来代替一个力,即由合力求分力则称为力的分解。

二、静力学的基本公理

静力学的公理是人类从长期的生活和生产实践中积累起来的经验,加以概括、总结、抽象而建立起来的,它的正确性已被大量的实践所证明。静力学的公理揭示了关于力的根本规律,它是静力学的基础。

公理 1: 二力平衡公理

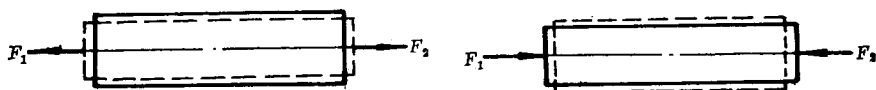


图 1-2 二力的平衡

要使作用在一个刚体上的两个力平衡，其必要和充分的条件是：这两个力大小相等，方向相反，且在同一直线上。如图1-2所示，用矢量等式表示即：

$$F_1 = -F_2$$

只受两个力作用并处于平衡的物体称为二力杆，根据公理 1，能够立即确定这两个力的方位必定沿着两力作用点的连线(如图1-3所示)。

公理 2：加减平衡力系公理

在作用着已知力系的刚体上，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果。

由公理 1 和公理 2 可以导出如下推论：

推论 1：力的可传性

作用于刚体上的力可沿其作用线移至刚体的任一点，而不改变此力对刚体的效应。

必须指明，公理 2 和力的可传性，只适用于刚体，而不适用于变形体。

公理 3：力的平行四边形公理

作用于刚体上同一点的两个力可以合成为一个合力，此合力仍通过该点，合力的大小和方向由以两分力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。

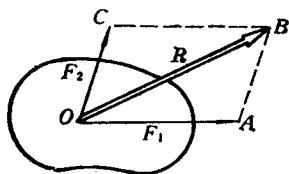


图 1-4

如图 1-4 所示，作用在物体上 O 点的两个已知力 F_1 和 F_2 的合力为 R ，用矢量等式表示：

$$R = F_1 + F_2$$

根据公理 3 又可得出如下推论：

推论 2：三力平衡汇交定理

如果刚体受到互不平行的三个力作用而平衡时，则此三个力的作用线必汇交于一点。这个性质是三力平衡的一个条件。

应当注意，汇交于一点三个力并不一定平衡。

公理 4：作用与反作用公理

两个物体间的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，分别作用在两个物体上。例如推车时，我们通过手给车一个作用力，车子因此而动起来了；与此同时，我们有了受压的感觉，这说明车对手有一个反作用力。为了进一步说明问题，我们还可做如下实验：将两弹簧秤钩在一起(如图1-5所示)，并施以一对拉力，可以看到：两弹簧秤的读数相等。这表明：右弹簧秤施于左弹簧秤的作用力 F ，与左弹簧秤施于右弹簧秤的反作用力 F' 数值相等，显然，它们方向相反，并作用于同一直线上。



(a)

(b)

图 1-5 作用力与反作用力

作用和反作用公理是分析物体受力的重要依据,在分析物体受力时常常要用到它。这个公理明确地告诉我们:所有的力都是成对存在的,有作用力必有反作用力,单方面的作用力是不存在的。

应当注意,作用力和反作用力与二力平衡条件中的一对力是截然不同的。作用力和反作用力分别作用在不同的物体上,而二力平衡条件中的两力则作用在同一物体上。

三、约束和约束反力

1. 约束和约束反力

能在空间任意运动的物体称为自由体,例如在空中飞行的飞机,能在空中任何方向运动,故为自由体。如果物体受到某些条件的限制,在某些方向不能运动,则这种物体称为非自由体,例如安装在发动机气缸内的活塞,受到气缸的限制,只能沿气缸壁往复运动,故为非自由体。凡阻碍物体运动的一切装置,总称为约束。

由于约束是阻止物体运动的装置,物体必在其运动受阻的方向上对约束产生作用。根据作用与反作用公理,约束将对被约束的物体产生反作用力,这种反作用力称之为约束反力,简称反力。约束反力的方向总是和该约束所能阻止的运动方向相反。

物体受力一般可分为两类:一类是使物体产生运动或运动趋势的力,称为主动力,如物体受到的重力,加在物体上的载荷等等;另一类是阻碍物体运动的力,称为约束反力(属于被动力)。主动力和约束反力都是作用于物体上的外力。通常,主动力的方向和大小是已知的,约束反力的方向和大小是未知的,即往往是要要求的。一般来讲,约束力的作用点就是约束与被约束物体的相互接触点;约束力的方向可根据约束类型来决定,且总是与该约束所限制的运动趋势方向相反;约束反力的大小可利用平衡条件来计算。

2. 常见约束类型

(1) 柔性约束 由柔软的绳索、皮带、链条等构成的约束称为柔性约束。如图1-6(a)所示,由于绳索本身只能承受拉力,因此它给物体的约束反力也只能是拉力[如图1-6(b)所示],所以柔性约束对物体的约束反力,作用在接触点,方向沿着绳索而背离物体,一般用 T 来表示这类约束反力。

链条或皮带也都只能承受拉力。当它们绕过轮子时,约束反力沿轮缘的切线方向(如图1-7所示)。

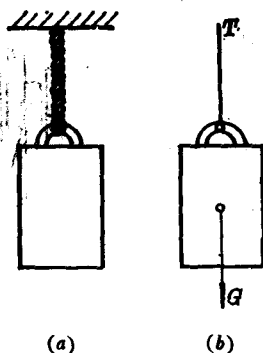


图 1-6 绳构成的约束

(2) 光滑面约束 两个互相接触的物体,如果接触面很光滑,可略去摩擦不计,这种光滑接触面构成的约束就称为光滑面约束。这类约束不能限制物体沿约束表面切线的位移,只能阻碍物体沿接触表面法线并向约束内部的位移。因此,光滑接触面对物体的约束反力,作用在接触点处,方向沿接触面的公法线并指向受力物体。这类约束反力称为法向反力,用 N 表示(如图1-8所示)。

(3) 铰链约束 由圆柱形铰链构成的约束称为铰链约束。如图1-9(a)所示,将两个带有圆孔的物体 A 和 B 用圆柱销 C 联接起来(它们之间的接触面是光滑的),这就构成了铰链

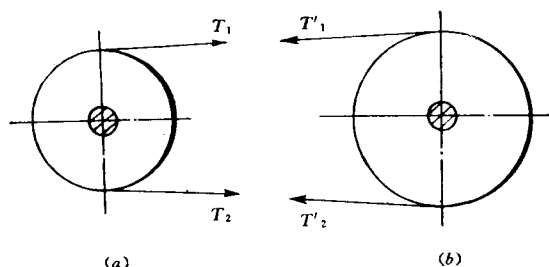


图 1-7 皮带构成的约束

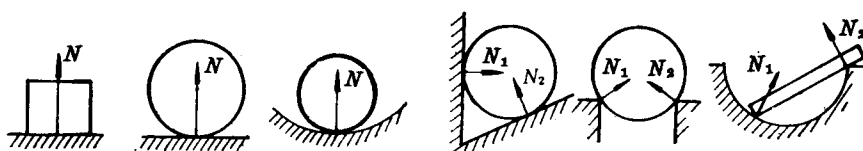


图 1-8

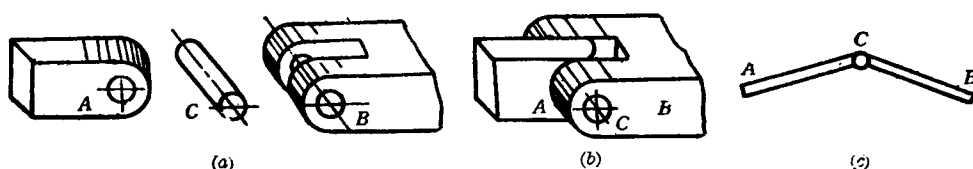


图 1-9 铰链约束

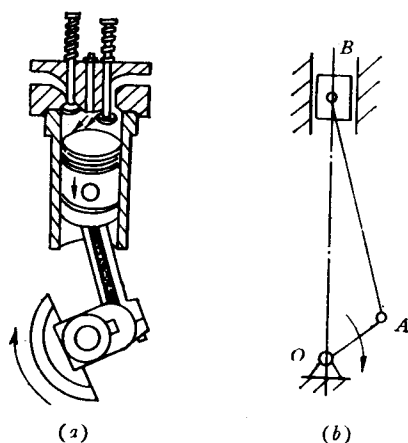


图 1-10 销连接
(a) 结构图; (b) 简图

[如图1-9(b)所示]。图1-9(c)是铰链约束的简图。铰链应用很广，机器上许多作相对转动的零件连接都可简化成铰链。例如内燃机的曲柄连杆机构中的曲柄与连杆用曲柄销连接(图1-10的A点)，连杆与活塞用活塞销连接(图1-10的B点)，都是铰链约束的实例。铰链约束可分为固定铰链约束和活动铰链约束两种。

1) 固定铰链约束 用圆柱销联接的两构件中，有一个是固定的，称为支座(如图1-11所示)。圆柱销2固连于支座上，构件3只能绕圆柱销轴线旋转，而不能沿圆柱销的半径方向移动。

通常可认为圆孔对圆柱销的约束是光滑面约束，因此其约束反力必沿着接触面的公法线且通过圆柱销的中心。随着构件所受的主动力不同，构件与圆柱销的接触点的位置也不同，所以约束反力的大小和表示约束反力方向的方位角 α 都是未知的，需根据构件受力情况才能确定。在作图和计算时，这个待定的约束反力往往用它两个互相垂直的分力 R_x 和 R_y 来代替。图1-11(c)是固定铰链支座的简图。

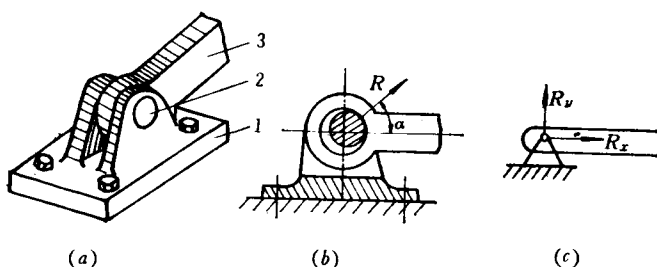


图 1-11

2) 活动铰链约束 如果在铰链支座的下面加以滚轮,然后将其搁置在平面上就形成了活动铰链(如图1-12所示)。活动铰链约束如同光滑面约束一样,不能限制物体沿接触面切线方向的移动,只能限制物体沿垂直于支承面的法线方向的移动,因此活动铰链约束反力的作用线必定通过铰链中心且方向垂直于支承面,指向物体[如图1-12(b)所示]。

在桥梁、屋架以及其他工程结构上,人们常采用活动铰链支座。如桥梁的一端用固定铰链支座,另一端用活动铰链支座,以便当温度变化而引起桥梁伸长或缩短时,允许两支座之间的距离有微小的变化。

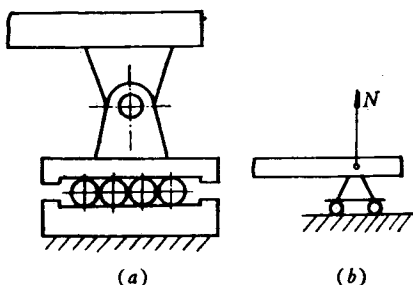


图 1-12

(4) 固定端约束 将物体的某一端加以固定,使物体既不能移动又不能转动的约束称为固定端约束。例如地面对电线杆的约束;车床上三爪卡盘对工件的约束,刀架对车刀的约束;还有悬臂梁等都是固定端约束(如图1-13所示)。由于固定端约束的受力分析与后面学习的章节有关,我们将在后续的章节中再作介绍。

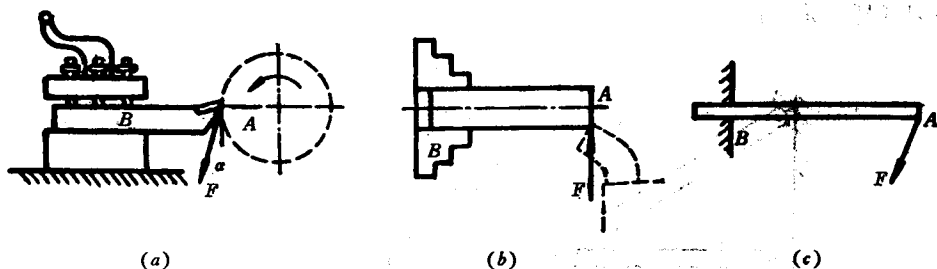


图 1-13 固定端约束

3. 二力杆

关于二力杆的概念我们在二力平衡公理的举例中已有所介绍,由于二力杆的概念比较重要,因此我们再作一些补充说明:工程上常见的二力杆是两端有铰链且自重不计、中间不受主动力作用的压杆或拉杆。应当注意,二力杆并非都是直杆。

四、物体受力和受力图

在工程实际中,为了求出未知的约束反力,需要根据已知力、应用平衡条件求解。为

此, 首先必须确定物体受了几个力, 每个力的作用位置和方向, 这样的分析过程称为物体的受力分析。

为了清晰地表示物体的受力情况, 需要假想地把研究物体(受力体)从周围的物体(施力体)中分离出来, 单独画出它的简图, 这个步骤叫作取研究对象或叫作取分离体。然后在研究对象上画出它所受到的全部的主动力和约束反力, 这种表示物体受力的简明图形, 称为受力图。画物体受力图是解决静力学问题的一个基本环节, 下面通过实例来说明受力图的画法。

例 1-1 重为 G 的球放置在光滑的斜面上, 并由绳索 AC 与固定的铅直墙壁连接[如图 1-14(a)所示]。试画出球的受力图。

解 将球从周围物体中分离出来, 单独画出。球受到的主动力为重力 G , 作用于球心 O , 方向垂直向下。解除光滑斜面约束, 代之以反力 N , N 垂直于斜面而指向球心 O 。解除绳索 AC 约束, 代之以拉力 F 。由于球是在不平行的三力作用下平衡, 所以根据三力平衡汇交的定理, 力 F 的作用线必汇交于 G 与 N 的交点——球心 O , 如图 1-14(b) 所示。

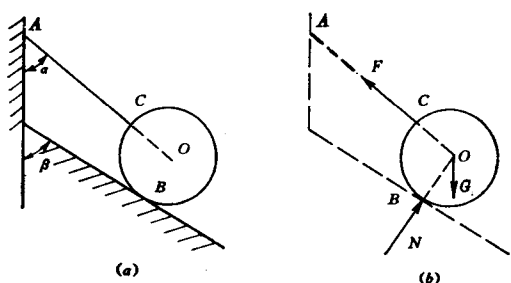


图 1-14

例 1-2 一三角架如图 1-15 所示, 三角架 ABC 的销钉 B 上挂一重量为 G 的物体。如不计三角架各杆自重, 试画出 AB 、 BC 及销钉 B 的受力图。

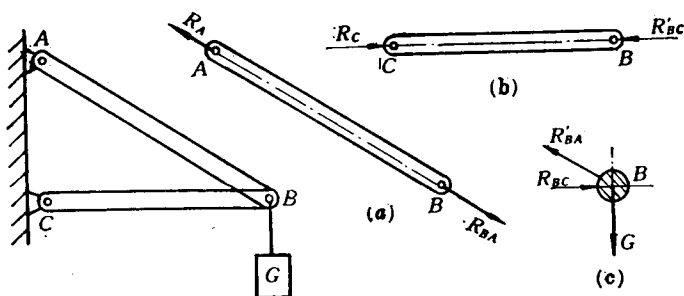


图 1-15

解 (1) 取杆 AB 为研究对象, 当杆自重不计时, AB 杆为二力杆, 铰链 A 、 B 的约束反力 R_A 、 R_{BA} 沿两铰链中心的连线。

(2) 取杆 BC 为研究对象, 同理杆 BC 也为二力杆, 故铰链 B 和 C 的约束反力 R'_{BC} 和 R_C 必等值、反向、共线。

(3) 取销钉 B 为研究对象, 它受到主动力(即物体重力) G 、二力杆 AB 给它的约束反

力 R'_{BA} 。二力杆 BC 给它的约束反力 R'_{BC} 。根据作用力与反作用力公理， $R_{BC} = -R'_{BC}$ ， $R_{BA} = -R'_{BA}$ 。

下面将画受力图的步骤和有关注意事项归纳如下：

① 确定研究对象 将要研究的物体(即研究对象)取作分离体即解除约束,把研究对象从周围物体分离出来,并画出它的简单轮廓图形。

② 进行受力分析 首先分析作用在分离体上的主动力,再分析周围哪些物体对它有力的作用。

③ 画出作用在分离体上的全部力 先画作用在分离体上的主动力,然后在解除约束的地方画约束反力。应该注意:分离体在何处被解除约束,则在该处必作用着相应的约束反力。

在画物体系统中的各物体的受力图时,要利用相邻物体间作用力与反作用力之间的关系,当作用力与反作用力的方向,其中一个一经确定(或假定),另一个亦随之而定。

第二节 平面汇交力系

作用于物体上的力系,若各力的作用线都位于同一平面内,则这样的力系称为平面力系。在平面力系中,若各力的作用线都汇交于一点,则这种力系称为平面汇交力系。平面汇交力系是工程上常见的较为简单的一种,汽车上的骨架以及大客车车身的框架节点受力(如图1-16所示),曲柄连杆机构中连杆与活塞的铰接点的受力(如图1-17所示),都是平面汇交力系的实例。

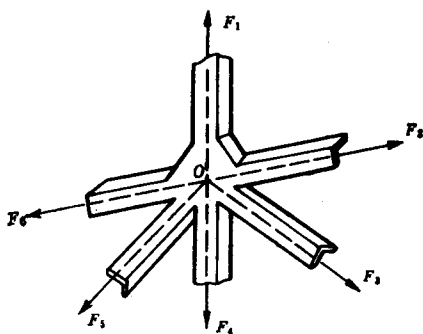


图 1-16 车身框架节点

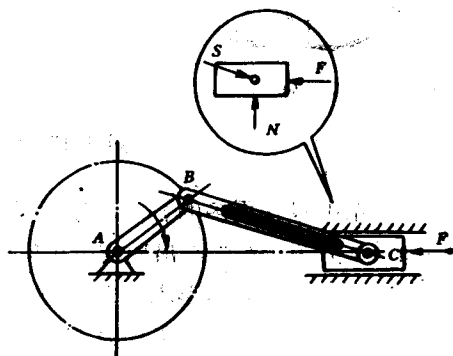


图 1-17 曲柄连杆机构

一、平面汇交力系合成的几何法

1. 两个共点力的合成

如图1-18(a)所示,设在刚体的 O 点上,作用着两个力 F_1 和 F_2 , 根据平行四边形公理,这两个力可以合成为一个合力 R (合力的求法,在前面已作介绍)。这里,我们再介绍一种更为简单的求合力的方法:

如图1-18(b)所示,先从任意一点 O 沿 OA 方向作力 F_1 , 矢量 F_1 的终点为点 A ; 再从点 A 沿 AB 方向作力 F_2 , 矢量 F_2 的终点为点 B ; 连接 O 、 B 两点,显然,沿 OB 方向

的矢量 R 即表示力 F_1 和 F_2 的合力。 $\triangle OAB$ 称为力三角形，上述的作图方法称为力三角形规则。

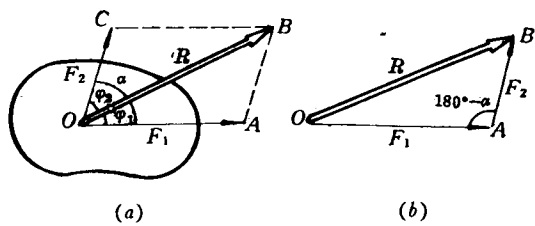


图 1-18 两个共点力的合成

应当注意力三角形的力矢指向，力 F_1 和 F_2 环绕三角形边界的某方向首尾相接，而合力 R 则沿反方向，从起点指向最后一个分力矢的末端。

2. 任意个共点力的合成

设有平面共点力系 F_1 、 F_2 和 F_3 [如图1-19(a)所示] 作用于刚体上的 A 点，求此力系的合力，只需连续用力三角形规则，将这些力依次相加，便可求出合力的大小和方向 [如图1-19(b)所示]，先求出 F_1 与 F_2 的合力 R_{12} ，再将 R_{12} 与 F_3 合成 R ，显然，合力 R 的作用线也必定通过 A 点。

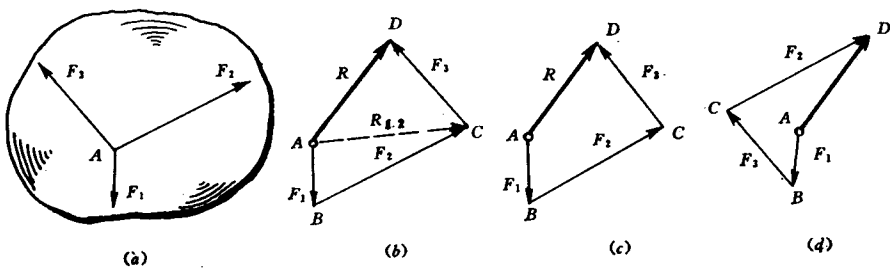


图 1-19 任意个共点力的合成

如果力系中包含更多的力，可连续用三角形规则，求其合力。从图 1-19(c) 显而易见，中间的合力 R_{12} 不必画出同样可求得合力 R ，这样能使图形更为简单。多边形 $ABCD$ 称为力多边形，用力多边形求合力的规则则称为力多边形规则。

必须注意，力多边形的矢序为 F_1 、 F_2 、 F_3 沿着环绕力多边形边界的同一方向首尾相接，而合力 R 则沿着相反方向连接多边形的缺口。任意改变各力的作图次序，可得到形状不同的力多边形，但表示合力的矢量依然不变[见图 1-19(d)]。

由此可得结论如下：平面汇交力系的合力等于各力的矢量和(几何和)，合力的作用线通过各力的汇交点。

如平面汇交力系有几个力，以 R 表示它们的合力则有公式：

$$R = F_1 + F_2 + \cdots + F_n = \sum_{i=1}^n F_i \tag{1-1}$$

符号 $\sum$ 为连加号，表示右端的量按其下端 i 由 1 到 n 逐项求和，必须指出矢量求和不同于代数求和。

如果力系中各力沿同一直线作用，则此力系称为共线力系。这种力系是平面汇交力系