

高职高专汽车类 “十二五”规划 教材
精品课程建设

汽车机械基础

主编 / 张国平 周李洪

主审 / 李立斌



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

高职高专汽车类 “十二五” 规划 教材
精品课程建设

汽车机械基础

主 编 张国平 周李洪
副主编 张雪文 姜 凌 王治校 谭颖琦
参 编 李丽云 廖仲伍 贺红玉 刘绍忠
丑振江 包晨阳 陈现臣
主 审 李立斌



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/张国平主编. —长沙:中南大学出版社,2011.8
ISBN 978-7-5487-0378-5

I. 汽... II. 张... III. 汽车-机械学 IV. U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 173013 号

汽车机械基础

张国平 主编

责任编辑 周芝芹 何晋

责任印制 周颖

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

印 装 长沙市华中印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 17 字数 421 字 插页 1

版 次 2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5487-0378-5

定 价 32.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

随着我国经济高速发展和人民生活水平的大幅提高,汽车产业随之蓬勃发展,对汽车技术服务人员的需求也在不断增大。为了满足高等职业院校培养技能型人才的需要,结合高职高专院校汽车类专业的教学实际,我们编写了《汽车机械基础》教学用书。

本书以能力为本位,以就业为导向,以培养学生综合职业能力和全面提高学生职业素质为中心,以项目任务为载体对教材体系和教学内容进行精选整合,将工程力学、机械设计基础、液压与气压传动等内容整合为9个教学项目,每个项目分为若干个任务。主要包括:静力分析、承载能力分析、轴、轴承、联轴器、离合器与制动器、其他常用零部件、机构传动的基本知识、机械传动、液压传动与气压传动。每个任务均设置了学习目标,在项目后还安排了复习思考题,方便教学。

本书的编写特点是:

1)工作过程导向。每个任务针对汽车工程中的实例提出问题,调动学生的兴趣和积极性。在学习相关知识后,设置相关的任务实施环节,将基础课程和汽车专业课程进行有机结合,培养学生分析问题和解决问题的能力。最后进行评价反馈,及时掌握学生的学习状况。

2)“管用、够用”的教学指导思想。对教材内容进行了精简,除去了理论性较强且与专业联系不紧密的内容,力求密切联系专业实际;注重培养学生的实践能力、应用能力和创新能力,充分体现“高等性”和“职业性”并得的高职教育特色。

3)循序渐进。按照教学规律和学生的认知规律,以实际案例为切入点,循序渐进地讲解基础知识、基本理论和基本方法,训练基本技能,并尽量采用以图代文的表现形式,降低学习难度,强调实用性和可操作性,便于学生职业能力的训练和职业素质的养成。

参加本书编写的人员有:湖南机电职业技术学院张国平、周李洪、李丽云、廖仲伍、贺红玉;益阳职业技术学院张雪文;永州职业技术学院姜凌;湖南工业科技职业技术学院王治校;吉林大学珠海学院谭颖绮;湖南物流职业技术学院丑振江;邵阳职业技术学院刘绍忠;郴州职业技术学院包晨阳;河南周口职业技术学院陈现臣等。本书由张国平、周李洪担任主编。张雪文、姜凌、王治校、谭颖绮担任副主编。

本书由湖南机电职业技术学院李立斌教授担任主审。

本书在编写的过程中,得到了许多兄弟学校老师的大力支持和帮助,在此表示诚挚的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不足,敬请各位读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
项目 1 静力分析	(3)
任务 1.1 活塞连杆组的受力分析	(3)
任务 1.2 汽车构件力矩与力偶的计算	(12)
任务 1.3 汽车构件平面力系的分析	(17)
任务 1.4 物系的平衡分析	(27)
思考题与习题	(36)
项目 2 承载能力分析	(40)
任务 2.1 汽车构件轴向拉伸与压缩的分析	(40)
任务 2.2 汽车构件剪切与挤压的分析	(56)
任务 2.3 汽车圆轴构件扭转的分析	(61)
任务 2.4 汽车构件平面弯曲的分析	(68)
任务 2.5 组合变形的分析	(81)
思考题与习题	(86)
项目 3 轴	(92)
任务 3.1 手动变速器输出轴	(92)
任务 3.2 轴的强度与刚度校核	(102)
复习思考题	(109)
项目 4 轴承	(110)
任务 4.1 汽车发动机曲轴轴承	(110)
任务 4.2 汽车变速器轴承	(115)
复习思考题	(125)
项目 5 联轴器、离合器与制动器	(127)
任务 5.1 万向节	(127)
任务 5.2 离合器	(134)
任务 5.3 制动器	(138)
复习思考题	(140)

项目 6 其他常用零部件	(142)
任务 6.1 键联接与花键联接	(142)
任务 6.2 螺纹联接及螺旋传动	(148)
任务 6.3 紧固联接	(156)
复习思考题	(160)
项目 7 机构传动的基本知识	(162)
任务 7.1 汽车平面机构的组成	(162)
任务 7.2 汽车平面连杆机构	(167)
任务 7.3 汽车凸轮机构	(174)
任务 7.4 驻车自动锁止机构	(179)
复习思考题	(184)
项目 8 机械传动	(185)
任务 8.1 汽车带传动和链传动	(185)
任务 8.2 汽车齿轮传动	(190)
复习思考题	(204)
项目 9 液压与气压传动	(206)
任务 9.1 液压系统的组成和工作原理分析	(206)
任务 9.2 汽车液压制动系统的工作过程分析	(211)
任务 9.3 汽车液压动力转向系统的分析	(220)
任务 9.4 液压基本回路实例分析	(234)
任务 9.5 典型液压系统实例分析	(244)
任务 9.6 气压传动	(249)
思考题与习题	(264)
参考文献	(267)

绪论

汽车发明于19世纪末,1885年德国工程师卡尔·本茨设计制造出的汽油机三轮汽车被认为是现代汽车的诞生。在之后100多年的汽车发展历程中,德国、法国、美国、日本等国家的工程技术人员为汽车技术的创新与发明作出了突出的贡献,极大提升了人们生活水平,促进了社会的前进。

我国的汽车工业创建于20世纪50年代。进入21世纪后,随着经济的高速发展和人民生活水平的大幅提高,我国汽车工业迅速崛起,生产能力不断提高,2008年我国汽车产销量突破1000万辆,超过美国成为世界第一汽车产销大国,同时,各汽车生产企业不断提高技术含量、研发改进车型、积极提高生产能力,2010年我国的汽车产销量更是惊人地达到1800万辆,为我国经济的持续发展注入了强劲的动力。

随着我国汽车产业的飞速发展,汽车“后市场”的维修、服务业的人才非常紧缺,为适应汽车服务市场的人才需求,近年许多高职院校相继开设了与汽车服务业相关的专业。

《汽车机械基础》是汽车服务业各专业的技术基础课程。它的任务是培养学生具有从事汽车维修、服务等专业技术工作所必须的基本知识和基本技能,培养学生的综合职业能力和全面职业素养,并为学习后续课程及职业生涯奠定基础。

汽车的发展是一个由机械技术向机电技术、再向电子技术发展的过程。但不论怎样发展,都无法脱离基本的机构、传动,如现代汽车中采用的配气机构、前轮转向机构、活塞连杆机构、带传动、链传动及齿轮传动、齿轮变速箱、差速器、离合器等。汽车中液压传动、气压制动技术的应用,汽车中零件的力学分析、强度计算等问题,汽车类专业的学生在从事汽车零部件安装、调试、使用、维护、保养、设计等工作中,将不可避免地会遇到这些有关机械方面的问题。为解决这些问题,必须具备工程力学、机械设计基础、液压气压等方面的基本知识,并通过学习和完成项目任务,培养学生的基本技能和综合职业能力。

工程力学部分包括项目1“静力分析”和项目2“承载能力分析”,学生通过学习,能够掌握静力学的基本知识,对构件进行受力分析和平衡计算;能够利用强度条件解决构件的承载能力分析计算问题。

机械设计基础部分包括项目3“轴”、项目4“轴承”、项目5“联轴器、离合器与制动器”、项目6“其他常用零部件”、项目7“机构传动的基本知识”和项目8“机械传动”。主要介绍常用机构的工作原理、运动特性、基本分析计算;分析通用汽车机械零部件的结构、选择、使用和维护保养,学生通过学习,具有常用机构、通用零部件的分析计算、选用和维护保养能力,并具有查阅有关技术手册的能力。

液压和气压传动部分为项目9,介绍液压及气压传动的工作原理,常用元件的构造、工作特性,基本回路及其应用,通过简单的液压及气压传动系统实例的分析,学生具有识读液

压及气压传动系统图、对其进行分析调试的能力。

本课程在内容选择和处理上,力求从实际出发,从与汽车中应用的典型机械结构选取 9 个项目,每个项目由若干个学习任务组成,针对每个学习任务提出的问题,学生在教师的指导下,学习相关的基本知识,并分组独立或合作完成任务,最后进行评价反馈。在分组独立或合作完成任务的过程中,学生在学习基本知识、训练基本职业能力的同时,也进行了独立工作、团队合作、主动学习、沟通交流、责任意识、创新意识等多项能力的培养和训练,学习分析问题、解决问题的思想和方法,培养学生的综合职业能力。

在静力分析中,主要解决以下几个问题:

(1) 物体的受力分析 内容涉及刚体和力的概念、静力学基本公理、力系的简化、力的投影规律、力矩、力偶及力的平移定理、约束和约束力的概念、物体的受力分析。

(2) 平衡方程及其应用 研究物体在力系作用下平衡时,作用于物体上的各种力系所满足的条件,并应用平衡条件解决工程实际中的平衡问题。

任务 1.1 活塞连杆组的受力分析

任务描述

要解决汽车机械的力学计算问题,首先要对选定的研究对象进行受力分析。对研究对象进行正确的受力分析,必须要掌握静力学公理以及常见的约束及约束反力的画法。本学习任务以汽车发动机的活塞连杆组为例,让学生分析活塞连杆组工作状态下的受力情况,并绘制受力图,以掌握物体的受力分析。

学习目标

- (1) 明确力、力系、刚体、平衡和约束与约束反力的基本概念;
- (2) 知道静力学的基本公理;
- (3) 学会各种约束类型及约束反力的画法;
- (4) 学会正确绘制受力图的步骤;能够用静力学基本公理及各种约束反力来正确绘制受力图。

知识准备

1.1.1 静力分析的基本概念及公理

1. 基本概念

1) 力的概念

力是物体间相互机械作用,这种作用使物体的运动状态或形状发生变化。例如,人推小车,人与小车之间产生相互作用,小车的运动状态改变;锤子的敲打会使烧红的铁块变形等。

力对物体的作用效果取决于力的三要素,即力的大小、力的方向和力的作用点。在这三个要素中,如果改变其中任何一个,也就改变了力对物体的作用效果。例如,用扳手拧螺母

时,作用在扳手上的力,因大小不同或方向不同或作用点不同,它们产生的效果就不同。如图 1-1(a)所示。

力是矢量,通常用按一定比例尺绘制的带箭头的有向线段来表示。如图 1-1(b)所示,线段 AB 按一定比例绘制代表力的大小,线段的方位和箭头表示力的方向,其起点和终点表示力的作用点。在绘图或书写时可用一个黑体字母 F 或在字母上加箭头表示力的矢量,并以同一字母的非黑体字 F 表示该矢量的模(即力的大小)。

在国际单位制中,力的单位是牛[顿](N)或千牛[顿](kN)。

2) 力的效应

作用在物体上的力可以使物体产生两种效应,一是可以引起物体运动状态变化或速度变化,一般称为力的“外效应”或“运动效应”;二是可以引起物体形状改变,一般称为“内效应”或“变形效应”。这两种效应既可能单独出现,也可能同时出现。

实践证明,力的运动效应与变形效应均与力的三要素有关。三要素中任何一个要素改变,都会引起力对物体作用效应的改变。

3) 力系的概念

作用于同一物体上的若干力所组成的系统,称为力系。

如果作用在一物体上的力系可以用另一力系代替,而不改变对物体的作用效应,则这两个力系互为等效力系。

力系可分为平面力系和空间力系两大类。组成力系各力的作用线都处在同一平面内,则称为平面力系;若组成力系各力的作用线不都处在同一平面内,则称为空间力系。

4) 刚体的概念

所谓刚体是指在受力状态下保持其几何形状和尺寸不变的物体。显然,这是一个理想化的模型,实际上并不存在这样的物体。但是,工程实际中的机械零件和结构构件,在正常工作情况下所产生的变形,一般都是非常微小的。这样微小的变形对于研究物体的外效应影响极小,可以忽略不计。当然,在研究物体的变形问题时,就不能把物体看作是刚体,否则会导致错误的结果,甚至无法进行研究。

5) 平衡的概念

所谓平衡是指物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态,物体处于平衡是机械运动的一种特殊情况。如果一个力系作用在物体上使物体处于平衡状态,则称该力系称为平衡力系。

2. 静力学公理

公理一 二力平衡公理 作用于刚体上的两个力使刚体处于平衡状态的必要和充分条件是:这两个力大小相等、方向相反、且作用在同一直线上,即等值、反向、共线,如图 1-2 所示。用矢量表示,即为

$$\mathbf{F}_A = -\mathbf{F}_B \quad (1-1)$$

这一公理表明了作用于刚体上的最简单力系平衡时应满足的条件。而对于变形体,这个条件是必要的,但是不充分的。

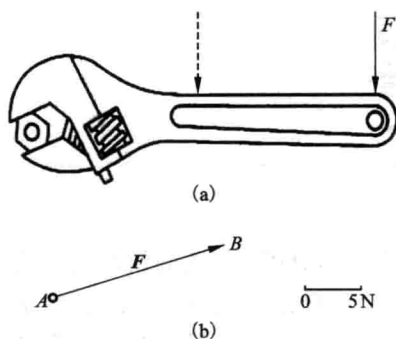


图 1-1 力的三要素

工程上常遇到只受两个力作用而平衡的构件，称为二力构件或二力杆。根据上述性质，二力构件上的两个力必沿两力作用点的连线，且等值、反向，如图 1-3 所示。

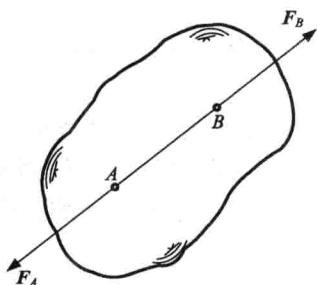


图 1-2 二力平衡条件

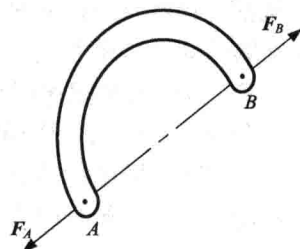


图 1-3 二力构件

公理二 加减平衡力系公理 在作用于刚体的任意力系上，加上或者减去一个平衡力系，都不会改变原力系对刚体的作用效果。

根据加减平衡力系公理，我们可以推证出作用于刚体的力的一个重要推论。

推论：力的可传性原理 刚体上的力可沿其作用线移到该刚体上的任意位置，并不改变该力对刚体的效应。

如图 1-4 所示，在小车上 A 点作用力 F 和在小车上 B 点作用力 F' 对小车的的作用效应是相同的。由此可见，力对刚体的效应与力的作用点在作用线上的位置无关，因此，对于刚体，力的三要素可改为力的大小、方向和作用线。

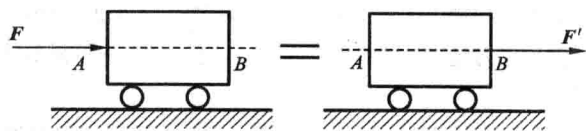


图 1-4 力的可传性

公理三 力的平行四边形公理 作用于物体上同一点的两个力可以合成为一个合力，合力的作用点仍在该点，合力的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来确定，如图 1-5(a) 所示。

力的平行四边形公理表明合力 F_R 等于两个分力 F_1 、 F_2 的矢量和，即

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-2)$$

为了方便起见，在利用矢量加法求合力时，可不必画出整个平行四边形，而是从 A 点作矢量 F_1 ，再由 F_1 的末端 B 作矢量 F_2 ，则矢量 \vec{AC} 即为合力 F_R 。这种求合力的方法称为力的三角形法则，如图 1-5(b) 所示。显然，若改变 F_1 、 F_2 合成的顺序，其结果不变，如图 1-5(c) 所示。

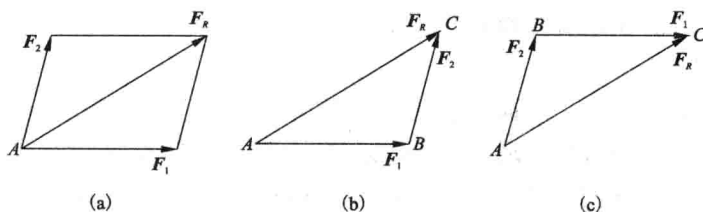


图 1-5 两力的合成

力的平行四边形公理是力系合成的法则，也是力系分解的法则。

公理四 作用与反作用公理 两物体间的作用力与反作用力，总是大小相等，方向相反，沿同一直线，并分别作用在这两个物体上。

此公理概括了自然界中物体间相互作用关系，表明一切力总是成对出现，揭示了力的存在形式和力在物体间的传递方式。

特别要注意的是，必须把作用和反作用公理与二力平衡公理严格地区分开来。作用和反作用公理是表明两个物体相互作用的力学性质，作用力与反作用力虽然等值、反向、共线，但它们却分别作用在不同的物体上，不能理解为一对平衡力；而二力平衡公理则说明一个刚体在两个力作用下处于平衡时两力满足的条件。

1.1.2 约束与约束反力

工程上所遇到的物体通常分为两类：一是不受任何限制，可以向任一方向自由运动的物体，称为自由体，例如飞行的飞机、炮弹等；二是受到其他物体的限制，沿着某些方向不能产生运动的物体，称非自由体。例如跑道上的飞机、电机轴承上的转轴、建筑物柱子上的屋架、起重机钢索下悬挂的重物等。对非自由体的某些运动起限制作用的其它物体称为约束，例如上述的跑道、电机轴承、建筑物柱子、起重机钢索等就是约束。约束作用于非自由体上的力称为约束反力或约束力，约束反力的方向总是与约束所能限制的物体的运动趋势方向相反，其作用点在约束与被约束物体的接触点。与此相对应，凡是能主动引起物体运动或使物体有运动趋势的力通常又称为主动力。主动力一般是物体承受的载荷，如重力、水压、油压、电磁力等。

而约束反力是由主动力引起一种被动力，在对物体进行受力分析时，主动力通常是已知的，而约束反力是未知的。工程上实际约束的类型是各式各样的。不同类型的约束，有不同特征的约束反力，下面介绍几种常见的约束类型和其相应的约束力特征。

1. 柔性约束

由柔软而不计自重的绳子、皮带、链条等构成的约束就属于这类约束。柔性约束限制物体沿柔索伸长方向运动，所以柔性约束的约束力的方向沿柔索中心线且背离被约束物体指向。在柔索十分柔软但又不可伸长的情况下，柔性约束对物体的作用只能是拉力，通常用符号 F_T 表示。

图 1-6(a) 所示起重机吊起重物时，重物通过钢绳悬吊在挂钩上。钢绳 AC、BC 对重物的约束力沿钢绳的中线，背离重物[图 1-6(b)]。

当柔索绕过轮子时，如图 1-7(a) 所示的链传动或带传动等，通常把包绕在轮上的柔索看成是轮子的一部分，从柔索与轮的切点处解除约束。约束力作用于切点处，沿柔索中线，背离轮子。图 1-7(b) 所示为其约束力的画法。

2. 光滑面约束

支承物体的接触面有的是平面，有的是曲面，在不计摩擦的情况下，它们不能限制物体沿接触点处公切面任何方向的运动，而只能限制物体沿接触点处公法线方向的运动，此即为光滑面约束。这类约束对物体的约束力作用于接触点处，沿接触表处表面公法线，并指向被约束物体，它对物体的作用只能是压力。这类约束力又称法向反力，符号通常用 F_N 表示。

如图 1-8 所示，重为 G 的圆柱形工件放在 V 型槽内，在 A、B 两点与槽面接触，其约束

力沿接触面的公法线方向指向工件。

如图 1-9(a) 为一对齿轮啮合传动机构, 从动轮 2 对主动轮的约束反力如图 1-9(b) 所示。

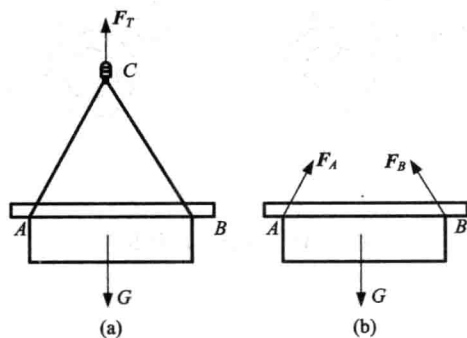


图 1-6 柔性约束(一)

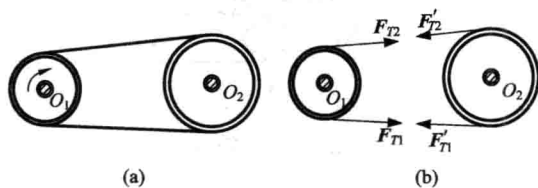


图 1-7 柔性约束(二)

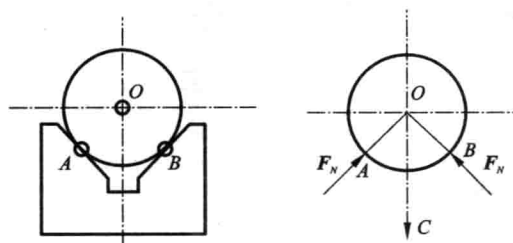


图 1-8 光滑面约束(一)

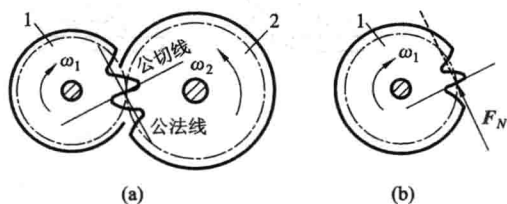


图 1-9 光滑面约束(二)

3. 光滑圆柱形铰链

铰链是工程上常见的一种约束。它是在两个分别钻有直径相同的圆柱形孔的构件之间采用圆柱定位销所形成的联接。如图 1-10 所示。

一般认为销钉与构件光滑接触, 所以, 这也是一种光滑表面约束。约束反力应通过接触点沿公法线方向(通过销钉中心)指向构件, 如图 1-11(a) 所示。然而销钉在圆柱形孔内的点(线)接触位置会随约束所承的力的改变而变化, 因此, 光滑圆柱形铰链的约束力是一个过销钉轴线, 大小和方向均无法预先确定的未知量。所以这种约束反力通常是用两个通过铰链中心的大小和方向未知的正交分力 F_x 和 F_y 来表示, 两个力的指向可以任意设定, 如图 1-11(b) 所示。

这类约束在工程上应用广泛, 可分为三种类型:

1) 固定铰链支座

用铰链连接的两构件之一固定的结构。如将物体连接在地、墙或机架等支撑物上的装置称为支座。固定铰链支座是在物体和支座上各开一直径相同的孔, 然后使两圆孔重叠, 然后在用圆柱销钉将其连接而成。约束力仍用两个正交的分力 F_x 和 F_y 表示。如图 1-12 所示。

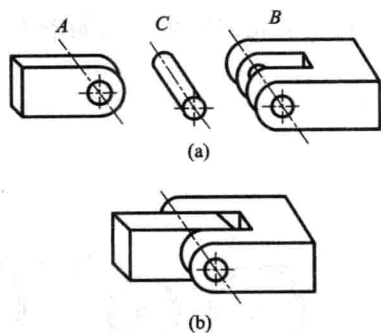


图 1-10 铰链

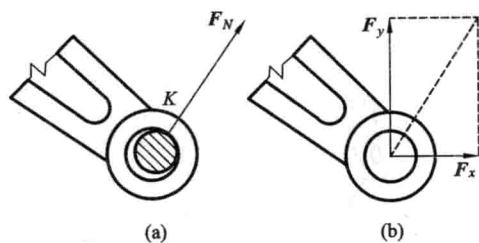


图 1-11 铰链的约束反力

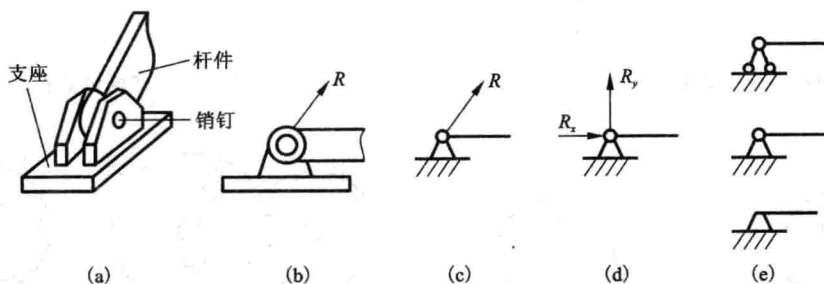


图 1-12 固定铰链

2) 中间铰链

中间铰链用来连接两个可以相对转动但不能移动的构件，如曲柄连杆机构中曲柄与连杆、连杆与滑块连接，如图 1-13(a) 所示。通常在两个构件连接处用一个小圆圈表示铰接，如图 1-13(b) 所示。约束力仍用两个正交的分力 F_x 和 F_y 表示，如图 1-13(c) 所示。

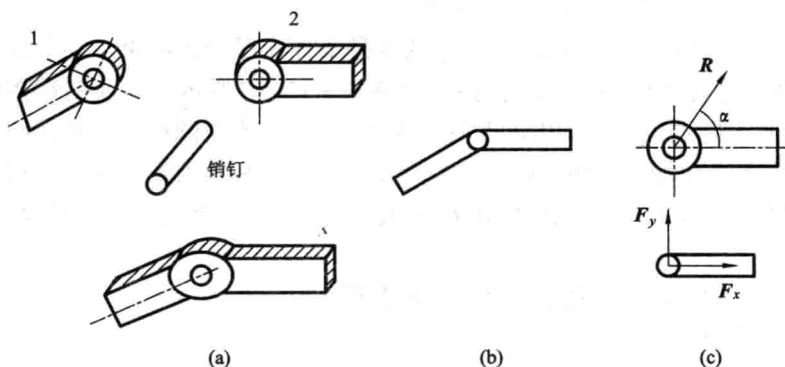


图 1-13 中间铰链

3) 活动铰链支座

在桥梁、屋架等工程结构中经常采用这种约束。这种约束的支座没有固定在地、墙或机

架上,而是在支座底座与支承面之间装有几个可滚动的辊轴,这样即构成活动铰链支座,或称辊轴约束,如图 1-14(a)、(b)所示。这类支座通常用简图 1-14(c)所示。

由于这种约束只限制所支承的物体沿垂直于支承面方向的位移,而不限制物体沿支承面方向的位移和绕铰链销钉的转动,因而当温度变化引起桥梁等结构物在跨度方向有伸缩时,则允许活动铰链支座沿支承面移动。因此,活动铰链支座的约束力特征与光滑接触面约束力类似,即通过铰链中心,约束力垂直于支承面,用 F_N 表示,如图 1-14(d)所示。

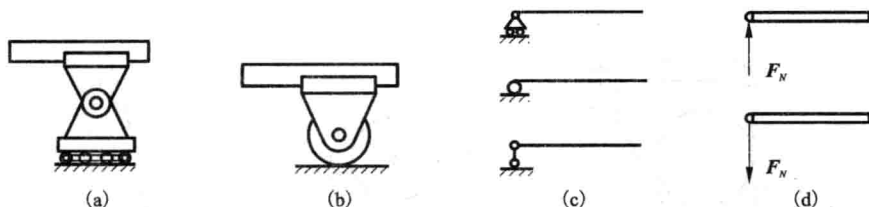


图 1-14 活动铰链支座

1.1.3 受力分析与受力图

工程上遇到的物体几乎都是非自由体,它们与周围的物体互相连接着。为了对某一个或几个物体进行受力分析,首先需要把这—个或几个物体作为研究对象,然后将其从与它有联系的周围物体中分离出来,也就是解除它周围的约束,单独画出该物体的简图,并把作用在物体上的全部已知的主动力和未知的约束力都画出来,由此所得到的表示物体受力的简明图形就是受力图。画出物体的受力图是解决力学问题的第一步,也是关键的一步。在画受力图时,一定要注意分析所取研究对象受到一些什么样的力,同时还要明确每个力的作用位置和作用方向,以及怎样用力矢表示。只有正确画出周围物体对该物体的全部作用力,才能进一步用力学原理进行运算。对物体进行受力分析,画受力图应遵循的步骤是:

1. 确定研究对象,取分离体

按题意的要求确定研究对象,画出其分离体图。注意从周围物体中分离出来的研究对象可以是一个物体,也可以是几个物体的组合乃至整个物体系统(整体),所画分离体图应是这个研究对象的轮廓形图或其简明图形。

2. 画出作用于分离体上的全部主动力

主动力一般是已知的,画主动力应按照已给出的方向和作用点来画。

3. 在分离体的每一约束处,根据其约束的类型和特征画出约束力

画受力图时所取分离体是受力体,它周围的物体为施力体。约束力也是施力体施加的。在画每一约束处的约束力时,首先要弄清楚这一约束力是哪个施力体施加的,切不要多画力或少画力,然后按前面介绍的根据约束的类型和特征画约束力的方法,在物体与约束接触点处或连接处画出约束力并画明指向。对铰链约束,其约束力常用两个相互垂直的分力表示,但方向可任意假定。另外,还要注意两物体间的相互约束力必须符合作用与反作用公理。下面举例说明。

案例 1-1: 重力为 P 的圆球放在板 AC 与墙壁 AB 之间, 如图 1-16(a) 所示。设板 AC 重力不计, 试作出板与球的受力图。

解: 先取球为研究对象, 作出简图。球上主动力 P , 约束反力有 F_{ND} 和 F_{NE} , 均属光滑面约束的法向反力。受力图如图 1-16(b) 所示。再取板作研究对象。由于板的自重不计, 故只有 A 、 C 、 E 处的约束反力。其中 A 处为固定铰支座, 其反力可用一对正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 表示; C 处为柔索约束, 其反力为拉力 F_T ; E 处的反力为法向反力 F'_{NE} , 要注意该反力与球在 E 处所受反力 F_{NE} 为作用与反作用的关系。受力图如图 1-16(c) 所示。

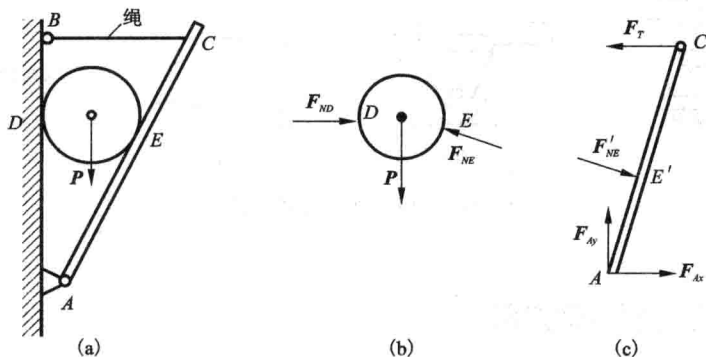


图 1-16 例 1-1 图

案例 1-2: 图 1-17(a) 所示为三铰拱桥的力学计算简图。左、右两拱与地面通过三铰连接而成, 各拱自重不计, 已知左拱作用有载荷 F , 试画出左拱 AB 受力图。

解: 取左拱 AB 为研究对象。由于拱桥自重不计, 因此主动力只有载荷 F 。左拱 AB 在铰链 B 处受到右拱 BC 给它的约束力 F_B 作用, 根据作用和反作用定律, $F_B = -F'_B$ [右拱为二力构件图 1-17(c)]。左拱 AB 在铰链 A 处受到固定铰链支座的作用, 约束力用方向可任意假定的正交二力 F_{Ax} 和 F_{Ay} 表示之 [图 1-17(b)]。

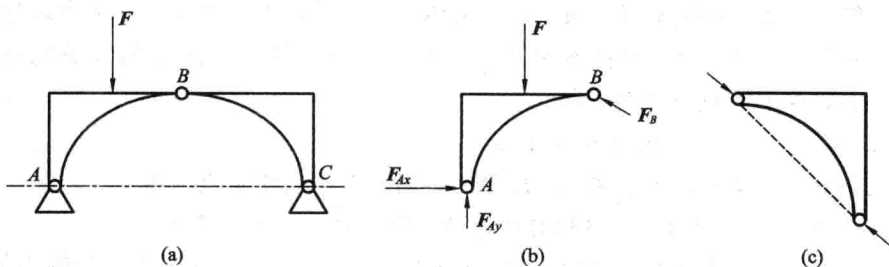


图 1-17 拱桥的受力

案例 1-3: 图 1-18(a) 所示为凸轮机构结构简图, 试画出从动杆 AB 的受力图。

解: 以从动杆 AB 为研究对象, 取分离体 [图 1-18(b)], 从动杆自重不计, 凸轮对从动杆的作用力 F_R 沿接触点公法线指向从动杆; F_R 与主动力 F 有使从动杆顺时针方向倾斜的趋势使其与滑道 B 、 D 点接触, 故有光滑面约束力 F_{NB} 、 F_{ND} , 沿 B 、 D 两点处公法线方向指向从

动杆[图 1-18(b)]。

归纳上面各例，画受力图中，特别是画约束力时应注意以下几点：

①应根据约束类型及其性质，确定约束力的作用位置、作用方向；

②利用二力或三力平衡条件，有利于确定某些未知约束力的作用方向；

③正确利用作用与反作用定律，有助于由一个分析对象上的受力方向确定；

④作图时要明确所取的研究对象，把它单独取出来分析，在取整体作为研究对象时，有时为简便起见，可以在题图上画受力图，但要明确，这时整体所受的约束实际上已被解除；

⑤要注意两个构件连接处的反力的关系。当所取的研究对象是几个构件的结合体时，它们之间结合处的反力是内力不必画出。而当两个相互连接的物体被拆开时，其连接处的约束反力是一对作用力与反作用力，要等值、反向、共线地分别画在两个物体上；

⑥若机构中有二力构件，应先分析二力构件的受力，然后再分析其他作用力。画受力图可概括为：“据要求取构件，主动力画上面；连接处解约束，先分析二力件。”

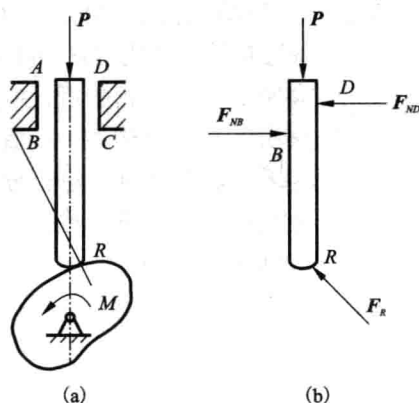


图 1-18 凸轮机构从动杆的的受力

任务实施

1. 任务安排

- (1) 学生以每 5 名同学为单位组成一个学习小组，并选出组长及两名小组代表；
- (2) 采用小组组长负责制，组长对下面任务内容的分配及由各小组成员讨论并解答；
- (3) 安排学习讨论，要求各小组长及两名小组代表代表本组在讨论会上向同学介绍本组的学习认识并回答同学提出的问题；
- (4) 任务完成后由小组、小组成员之间和教师三方面对小组汇报、讨论及活动报告进行评价。

2. 任务内容

对汽车活塞连杆组中的各物体进行受力分析并绘制受力图，准备活塞连杆组实物。

如图 1-19 所示，汽车活塞连杆组，由曲柄 OA 、连杆 AB 及活塞 B 组成，在力 F 和力偶矩为 M 的力偶作用下处于平衡状态，活塞连杆组中各物体的自重忽略不计，试分别画出活塞连杆组中各物体的受力图。

(1) 带着以下问题观察活塞连杆组，并回答问题。

- ① 活塞连杆组由哪些构件组成？
- ② 当活塞连杆组处于平衡状态时，其各组成构件可以看做是对刚体进行受力分析吗？
- ③ 当活塞连杆组处于平衡状态时，请分析有哪些静力学公理在其身上体现？

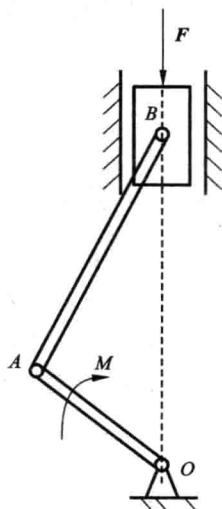


图 1-19 活塞连杆组