



普通高等教育“十三五”规划教材



汽车机械基础

QICHE JIXIE JICHU

宰守香 主编

普通高等教育“十三五”规划教材

汽车机械基础

宰守香 主编

河南科学技术出版社

·郑州·

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车机械基础/宰守香主编. —郑州: 河南科学技术出版社,
2016. 8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5349-8278-1

I. ①汽… II. ①宰… III. ①汽车-机械学-高等职业
教育-教材 IV. ①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 184444 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65738859 65788639

网址: www.hnstp.cn

策划编辑: 王向阳

责任编辑: 邓 珺

责任校对: 司丽艳

封面设计: 张 伟

责任印制: 张艳芳

印 刷: 新乡市天润印务有限公司

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 22.75 字数: 560 千字

版 次: 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系并调换。

普通高等教育“十三五”规划教材 编审委员会名单

主 编 周志立

副主编 解福泉 王建庄 胡 勇

委 员 (按姓氏笔画排序)

王丽娟	王怀玲	王贤高	巴玉强	史雷鸣
吉武俊	朱成庆	乔丽霞	李英丽	杨长征
杨安杰	宋丹丹	张杰飞	陈东照	邵 茜
罗道宝	周卫华	赵子民	徐国强	宰守香
梅丽歌	潘明存	魏彦召		

《汽车机械基础》编写人员

主 编 宰守香

副主编 刘爱红 高 洁

编 委 (按姓氏笔画排序)

刘爱红 周 辉 高 洁 宰守香 霍治军

序

我国汽车行业经过多年发展,已经形成可观的规模,但仍然有诸多制约因素,其中一个很重要的制约因素就是技术人才的缺乏。面对这一形势,各类院校的汽车类专业根据市场和社会需要,开展教学研究和改革,更新教学内容,改进教学方法,推进精品专业、精品课程和教材建设,取得了丰硕的成果。及时总结这些成果并以教材形式予以体现,推广至更多的院校,无疑是一件意义深远的事情。教材建设是高等教育的基本建设之一,在我国经济建设快速发展和高等教育迈向大众化阶段的今天,建设有特色的教材体系是一项既紧迫又具现实意义的任务。为了适应汽车类专业教学改革的需要,鼓励教师编写富有特色的教材,促进汽车类专业教学质量的不断提高,河南科学技术出版社根据共同参与、共同建设、共同发展的原则,根据《教育部、国家发改委、财政部、劳动和社会保障部、科技部、国资委关于进一步加强国家重点领域紧缺人才培养工作的意见》的文件精神,为进一步加强汽车类专业教材建设,提高教学质量,促进教育事业的发展,组织编写了本套汽车类专业规划教材。

本套教材主要具有以下特色:

1. 在内容上介绍一些全新的、成熟的实用技术,注重典型的国内外车型,结合汽车使用性能和企业维修特点与要求,突出实践应用能力;注重理论联系实际,加强针对性和实用性,旨在培养学生的技术应用能力。
2. 注重“教”“学”“做”合一的整体策划,根据“十三五”高等教育人才培养方案的要求编写,教材内容既相互独立又相互衔接,具有一定的系统性与完整性。
3. 紧扣教学改革,依据“以能力为本位,以工作过程为导向,以项目化教学为宗旨”的编写原则,更好地适应企业岗位职能的要求,倡导少讲、多学、多做的教学方法,较好地满足当前汽车类专业教学的需要。
4. 涵盖了汽车类专业的基础课、主干专业课和实训课。按照“以服务为宗旨,以就业为导向”的指导思想和培养高综合素质、高技能人才的基本要求组织编写,对传统的课程体系和教学内容进行了整合和更新,精简了理论内容,突出了专业技能和理论知识应用能力的培养,缩短了学生专业技能与企业岗位职能生产一线需求的距离。

5. 针对以往汽车类专业教材中存在的一些问题,增加各院校教师间的沟通和交流,树立基础课为专业课服务、教学为就业服务的思想,着力提高学生的实践能力,结合学生认知特点和“必需”“够用”“管用”的原则,严格把握教材的深度和广度。

参加本套教材编写的作者都是长期从事本专业教学工作的教师,他们对高等技术人才的培养、对汽车类专业的课程体系和教学改革有深刻的理解和思考,在教学实践中积累了丰富的经验。从某种意义上说,本套教材是汽车类专业多年教学改革成果的体现和凝聚。相信这套教材将在汽车类专业教学工作中发挥积极的作用,并期待着它不断完善,成为汽车类专业教材中的精品体系。

周志立

2016年4月

前 言

为了适应我国汽车工业高速发展,满足汽车技术不断提高以及服务水平不断提升的需要,根据教育部对汽车技能紧缺人才培养及汽车国家示范性专业建设的要求,紧密围绕汽车行业对人才能力结构和水平要求的特点,针对传统教材内容中存在的不足,我们将机械基础中的工程力学、汽车材料、公差与技术测量、机械零件、机械传动、液压传动和气压传动等七门课程内容进行整合优化,编写了《汽车机械基础》这本教学用书。

本书是高职高专汽车类专业技能教学用书。在编写过程中注重知行统一,突出项目教学,理论实践一体化。全书共分五个模块、十一个项目。主要内容包括:静力学基础,材料力学基础,汽车常用工程材料,汽车运行材料,汽车构件的互换性与技术测量,轴、轴承、联轴器、离合器与制动器,常用连接零部件,汽车常用机构的分析,汽车常用传动系统结构分析,液压传动,气压传动等。为了方便教师合理安排授课内容,每个项目设置有教学任务书;课后自测题用来检验学生对知识的掌握程度。根据汽车类专业的实际需要,作者在内容编写上以汽车典型零部件、传动方式和机构为实例,引导学生对汽车机械基本技能的学习与训练,为学生学好汽车专业课和今后解决生产实际问题打下坚实的基础。

根据高职高专院校的实际情况和社会对高职高专毕业生的需求,本书编写的思路是以汽车构件受力、制造、传动、动力和控制装置的五大模块为情景单元,以学生认识汽车结构实训项目为引导,开展自主学习,培养职业技能;以汽车结构的典型机构或装置为载体,组织教学过程,形成了“工作任务驱动,结构认识导入,项目教学引领,理论实践结合,过程评价考核,能力逐步提升”的行动导向教学模式。在编写中力求文字简明、内容精练、知识面广和方便教学。贯彻基础理论教学以应用为目的,以必需、够用为准绳,以强化应用、培养技能为主的原则,从学生的认识规律出发,循序渐进地讲解基本的理论、知识和方法,既注重知识实用性,又能体现汽车专业的特殊性。

本书推荐的教学时数为90~120学时。各院校在教学中可根据具体情况进行取舍。

本书由河南科学技术出版社组织编写,由宰守香任主编,刘爱红、高洁担任副主编。其中模块一、二、五由河南机电职业技术学院宰守香、霍治军、高洁老师编写;模块三、四由郑州职业技术学院刘爱红和周辉老师编写。

由于编者水平有限,书中可能存在不足之处,敬请读者批评指正,以便本书再版修订时参考。

编者

2016年5月

目 录

模块一 汽车常用构件力学基础	(1)
项目 1 静力学基础	(1)
任务 1 静力学概念与受力分析	(1)
任务 2 平面任意力系	(9)
任务 3 平面力系的平衡	(19)
任务 4 考虑摩擦时的平衡问题	(22)
项目 2 材料力学基础	(27)
任务 1 承载能力分析基本知识	(27)
任务 2 轴向拉伸与压缩	(30)
任务 3 剪切与挤压	(41)
任务 4 扭转	(43)
任务 5 平面弯曲	(49)
模块二 汽车常用构件机械制造基础知识	(62)
项目 3 汽车常用工程材料	(62)
任务 1 金属材料的主要性能	(62)
任务 2 金属与合金的结构及铁碳合金相图	(67)
任务 3 钢的热处理工艺	(72)
任务 4 汽车典型零件选材及热处理	(75)
任务 5 非金属材料简介	(76)
项目 4 汽车运行材料	(81)
任务 1 燃料	(81)
任务 2 润滑油	(84)
任务 3 工作液	(93)
项目 5 汽车构件的互换性与技术测量	(98)
任务 1 尺寸公差与配合	(98)
任务 2 形位公差与位置配合	(106)
任务 3 表面粗糙度	(116)
任务 4 技术测量的基础知识	(121)
模块三 汽车轴系零部件应用	(128)
项目 6 轴、轴承、联轴器、离合器与制动器	(128)

任务 1 轴	(128)
任务 2 轴承	(140)
任务 3 联轴器	(165)
任务 4 离合器和制动器	(177)
项目 7 常用连接零部件	(181)
任务 1 键与销	(181)
任务 2 螺纹连接	(186)
任务 3 紧固连接	(200)
任务 4 弹簧	(202)
模块四 汽车动力装置机构分析	(212)
项目 8 汽车常用机构的分析	(212)
任务 1 平面机构的组成	(212)
任务 2 凸轮机构	(225)
任务 3 曲柄连杆机构和凸轮机构在汽车中的应用	(230)
项目 9 汽车常用传动系统结构分析	(237)
任务 1 带传动与链传动	(237)
任务 2 齿轮传动	(249)
任务 3 齿轮系	(268)
任务 4 齿轮系在汽车传动中的应用	(274)
模块五 汽车控制装置分析	(282)
项目 10 液压传动	(282)
任务 1 液压传动基本知识	(282)
任务 2 液压基本元件	(286)
任务 3 液压基本回路	(314)
任务 4 汽车典型液压系统分析	(322)
项目 11 气压传动	(328)
任务 1 气压传动基本知识	(328)
任务 2 气动元件	(329)
任务 3 气动基本回路及其在汽车中的应用举例	(346)

模块一 汽车常用构件力学基础

汽车在不同的工作情况下运行，各种构件和机构要受到各种力和力矩的作用而将产生变形，进而影响汽车的使用寿命。而构件的设计与校核要用到静力学知识和材料力学知识。本模块重点介绍静力学和材料力学的有关内容。

本模块的学习，要求学习者达到：深刻理解有关名词基本概念，了解有关静力学、材料力学的定理、公式；学会用抽象简化的思维方式学习理解力学的一般规律，同时灵活运用数学工具解决实际问题。

项目 1 静力学基础

对汽车机械基础的研究是以构件的受力状况为基础的，而静力学基础主要研究力系的简化以及物体在力的作用下平衡的普遍规律。本项目主要讲述静力学的基础知识，介绍构件（物体）的受力分析、力系的简化及利用物体的平衡条件计算未知力的大小和确定未知力的方向。

任务 1 静力学概念与受力分析

【任务书】

1. 掌握静力学的基本概念和基本公理。
2. 根据具体情况判断约束的类型并确定约束力的方向。
3. 能够对一般物体进行受力分析并画出受力图。

一、静力学的基本概念

1. 力

力是物体间相互的机械作用。这种作用的结果使物体的运动状态发生变化或使物体产生变形。物体受到力的作用后产生的效应表现在两个方面：外效应（运动效应），使物体的运动状态发生变化；内效应（变形效应），使物体的形状发生改变。力作用的例子相当普遍，例如：人用于推、拉、投掷、举起物体使其运动状态改变；空中物体受到地球引力的作用坠落；行进中的汽车受制动力作用而停下；汽车发动机中的活塞在气缸内燃料燃烧

所产生的力的作用下，沿气缸的轴线移动等。

力对物体的效应取决于力的三要素，即力的大小、方向和作用点位置。只要力的三要素之一发生改变，则力对物体的效应也将随之改变。力是有大小和方向的量，因此力是矢量。力矢用黑体字母“ $\mathbf{F}$ ”表示，相应的明体字母“ F ”，则表示力矢的大小。本书采用以国际单位制为基础的法定计量单位，力的单位是牛[顿]，符号为N，或用千牛[顿]，符号为kN。

力的图示法：力用带箭头且通过力的作用点的有向线段表示，其中线段长度按一定的比例量取，表示力的大小，线段的末端B的箭头表示力的方向，如图1-1a所示。图1-1b是行驶于路上的汽车所受的驱动力 $\mathbf{F}$ 和地面支承力 $\mathbf{F}_{N_1}$ 、 $\mathbf{F}_{N_2}$ 的表示方法。

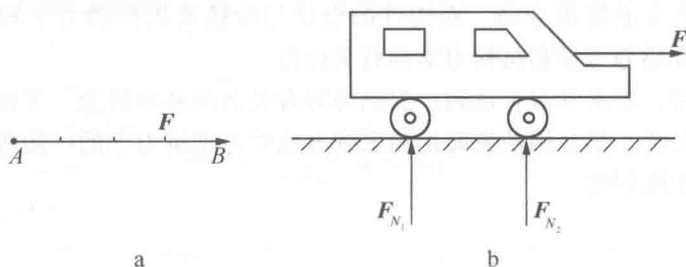


图 1-1 力的表示法

2. 刚体

实践表明，任何物体受力后总会产生一些变形。但在通常情况下绝大多数零件和构件的变形都是很微小的，甚至需要用专门的仪器才能测量出来。研究证明，在许多情况下，这些微小的变形对物体的外效应影响甚微，可忽略不计，即不考虑力对物体作用时物体所产生的变形。任何情况下均不变形的物体称为刚体。刚体是对实际物体经过科学的抽象和简化而得到的一种理想模型。在静力学中把所研究的物体抽象为刚体，不仅是解决工程实际问题所允许的，同时也是认识力学规律所必需的。抽象简化可以使许多工程实际问题的解决大为简便，而且计算结果也是足够精确的。

应该指出，“刚体”这一力学模型的应用是有范围和条件的。当变形在所研究的问题中成为主要因素时（例如在材料力学中），一般就不能再把物体看作是刚体了。

3. 平衡

当物体受到一力系作用而相对于地球做匀速直线运动或静止时，可认为该物体处于平衡状态。作用于该物体上的力系，称为平衡力系。力系是指作用于刚体上的一群力。

平衡是相对的，物体的平衡是物体机械运动的特殊形式，物体的平衡规律远比一般运动规律简单。在工程中往往会遇到很多机器零件、部件等物体的平衡问题，需要进行静力分析计算，因此平衡规律的应用很广泛。

使物体平衡的力系所应满足的条件称为力系的平衡条件。

二、静力学公理

人们经过对长期的生活、生产实践积累的经验和科学试验结果加以总结、归纳和抽象，建立了一些静力学的基本公理。这些公理概括了力的各种性质，是在反复的实践和认识中总结出来的客观规律，也是静力学的理论基础。

1. 二力平衡条件（公理一）

作用在同一刚体上的两个力，使刚体平衡的必要和充分条件是：这两个力的大小相等，方向相反，且作用于同一直线上。

二力平衡公理揭示了作用于物体上最简单的力系平衡时所应满足的条件，如图 1-2 所示。

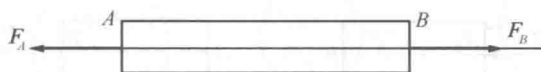


图 1-2 二力平衡

矢量等式为 $F_A = -F_B$ 。

工程上受两个力作用而平衡的刚体称为“二力构件”或“二力杆”。二力构件平衡时，其所受的两个力必沿着两个力作用点的连线，而且两个力大小相等，方向相反。如图 1-3a 所示，当支架中的杆 AC、BC 自重不计，即属二力构件，受力如图 1-3b 所示。又如如图 1-4a 所示，构件 CD 在自重不计时也是二力构件。由此，可知两个作用力 F_C 、 F_D 的方向应沿 C、D 的连线。

在进行构件受力分析时，应注意判断其是否为二力构件，才能使问题顺利解决。

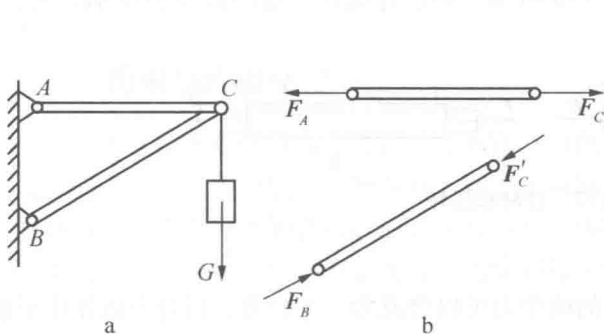


图 1-3 支架

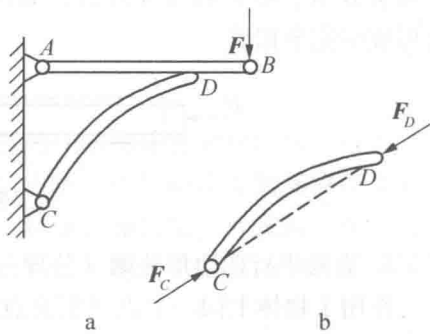


图 1-4 二力构件

2. 加减平衡力系公理（公理二）

在作用于刚体的任意力系中，加上或减去任意个平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效应。这一公理是研究力系等效变换的理论基础。

推论：力的可传性原理

作用于刚体上的力可沿其作用线移动，而不改变该力对刚体的作用效应。

证明如下：如图 1-5 所示，刚体上 A 点作用力 F ，在力 F 作用线上任取一点 B，在 B 点沿力 F 的作用线加上一对平衡力 F_1 和 F'_1 ，且令 $F_1 = F'_1 = F$ ，则由公理二可知，加上 F_1 、 F'_1 后，并不影响刚体的效应。

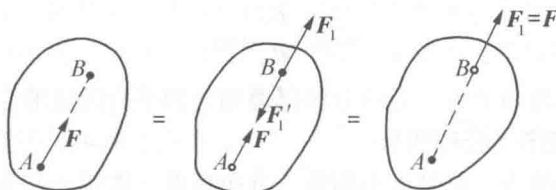


图 1-5 力的可传性原理

另由公理一可知，刚体上力 F 和 F' 等值、反向且共线，构成一对平衡力系，这时再减去这一平衡力系，同样也不影响刚体的效应，最后只剩下作用于 B 点的力 $F_1 = F$ ，就相当于把力 F 由 A 点沿着作用线移至于 B 点，而刚体的运动效应不变，即推论得以证明。

由图 1-6 不难看出，在小车的 A 点与 B 点施加相同方向的力，运动效应是相同的。

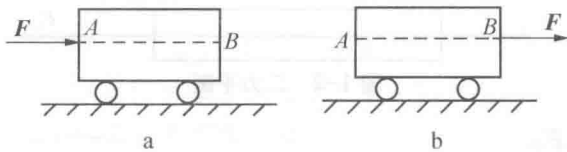


图 1-6 力的可传性

应该指出，在静力学中，由力的可传性原理可知，力的作用点已不是决定力对物体作用效果的要素。因此，在研究力对物体的运动效应时，力矢可沿其作用线滑动，即可以看作是“滑动矢量”。但应注意，当研究物体的变形效应时，力的可传性原理不适用，这时的力应看作“固定矢量”。如图 1-7a 所示，在压力 F 、 F' 作用下直杆变短、变粗；若将 F' 移至 B 点、将 F 移至 A 点后，如图 1-7b 所示，则直杆受拉，这时杆件会变细、变长，变形效应完全相反。

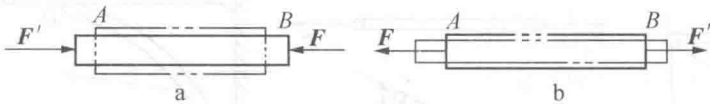


图 1-7 拉杆和压杆

3. 力的平行四边形法则（公理三）

作用于物体上同一个点（汇交点）的两个力可以合成为一个合力，且合力也作用于汇交点上。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表示。

如图 1-8 所示，作用于刚体上 A 点的两个力 F_1 、 F_2 的合力，可用平行四边形 $ABDC$ 的对角线 AD 表示，合力矢 F_R 等于两个力 F_1 、 F_2 的矢量和，表达式为

$$F_R = F_1 + F_2$$

合力 F_R 的大小可用余弦定理求出：

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

式中， α 为两个力 F_1 和 F_2 的夹角。

合力方向为

$$\sin\beta = \frac{F_1}{F_R}\sin\alpha$$

一个力也可以分解为两个力。力的分解仍遵循力的平行四边形法则。

4. 作用与反作用定律（公理四）

两物体间相互作用的力，总是大小相等、方向相反、作用于一条直线上，并分别作用于这两个物体上。

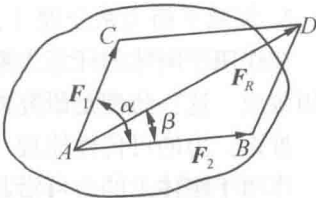


图 1-8 平行四边形公理

如图 1-9 所示,悬挂在天花板上的两个圆球 A 和 B,球 A 给予球 B 的作用力 F_N' 和球 B 给予球 A 的作用力 F_N 构成了一对作用力与反作用力。

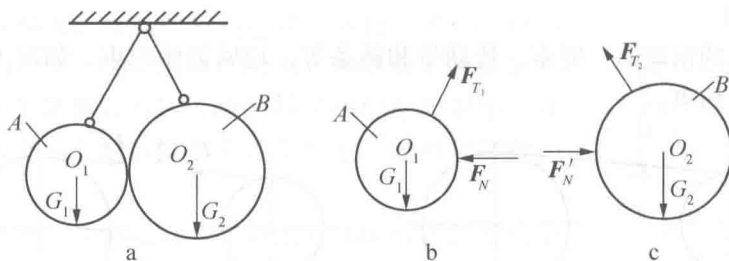


图 1-9 作用力与反作用力

作用力与反作用力公理揭示了自然界中物体之间相互作用的关系。所有力都是成对出现的,有作用力就必然有反作用力,任何一方都不能独立存在。在研究物体系统的受力分析时要注意。

同时应指出:作用力和反作用力虽等值、反向、共线,但分别作用于不同物体上,故互成平衡,不能互相抵消。这与二力平衡公理中的“一对平衡力”是不同的,不能相互混淆。

三、约束与约束反力

力学中通常将物体分为两类,凡是能在空间做任意运动的物体称为自由体。例如,空中飞行的飞机、飞翔的小鸟和飘浮的气球等,均属于自由体。如果物体受到其他物体对它的限制而在某些方向不能自由运动,则称为非自由体。例如,在轨道上行驶的火车、由轴承支承的轴、发动机气缸中的活塞等,均受到相应的限制而不能做某些方向的运动,属于非自由体。

工程中的零件、部件多为非自由体。凡事先给定用以限制物体某一方向运动的一切装置,统称为约束。约束的形式多种多样,可能是地面、基础、轨道,也可能是一些其他物体,如螺栓、轴承、绳索等。

由于约束能够限制物体某些方向的运动,当这些非自由体有沿约束所限制的方向运动的趋势时,约束与非自由体之间产生相互的作用力,称为约束反力,简称约束力,例如,在路上行驶的汽车受到地面的支持力就是约束力。约束反力的大小和方向取决于主动力作用的情况和约束的形式,通常是未知的,需根据约束的性质进行分析判断。但约束反力的作用点总是在约束与被约束物体相互接触处,约束反力必与约束所限制的运动方向相反,这是确定约束反力作用点和方向的原则。

与约束反力相对应,凡是能主动引起物体运动状态改变或有使物体运动状态趋势改变的力称为主动力,如物体所受重力、风力、推力等。主动力为物体的外力,而且是给定的或可测定的。因此,工程中常称主动力为载荷。

工程中,对非自由体的平衡可看作是作用于其上的主动力与约束反力的平衡。因此,约束反力的确定是力学中一个非常重要的基本问题。

四、常见约束类型及约束反力的确定

1. 柔体约束

工程中常见的钢丝绳、绳索、传动带和链条等，均属柔体约束。如图 1-10 所示的带传动，即为柔体约束。

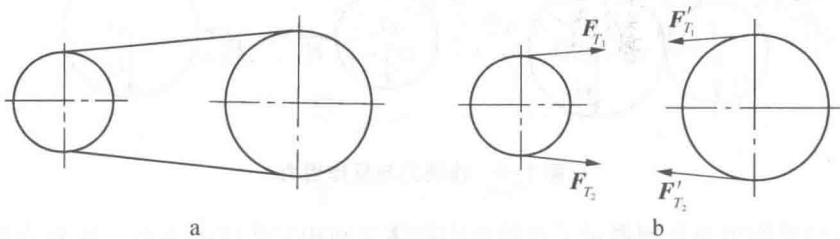


图 1-10 带传动

如图 1-11a 所示的绳索，它只能限制物体不能向下运动，如图 1-11c 所示，而不能限制物体向其他方向的运动，即对于柔性约束本身来说，它只能受拉，不能受压。由此，可以很容易地确定柔性约束对物体所施加的约束反力，即约束反力只能是作用在接触点上、方向沿着柔体中心线背离被约束物体的拉力，如图 1-11b 所示。

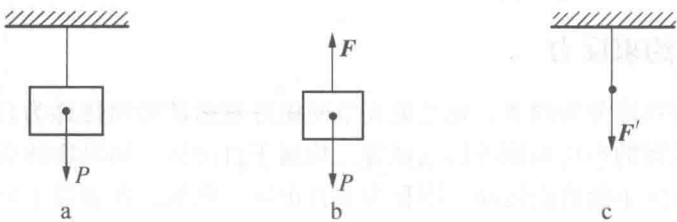


图 1-11 柔体约束

2. 光滑接触表面约束

当两个接触表面间的摩擦忽略不计时，这样的接触表面就认为是光滑的。这种约束只能阻止物体沿着接触点的公法线压入支承面的运动，但不能阻止物体离开支承面和沿其切线方向的运动，因此，光滑接触表面约束的约束反力作用在接触点，过接触表面的公法线，且指向受力物体。通常这种约束反力称为法向反力，如图 1-12 所示。光滑面可以是平面，如导轨、滑块等；也可以是曲面，如汽车发动机凸轮与挺杆之间的接触，如图 1-13a 所示；还有齿轮啮合（图 1-13b）、滚轮的啮合等。

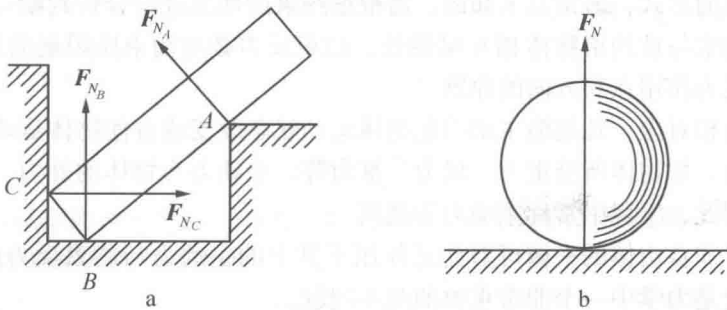


图 1-12 光滑接触表面约束

3. 光滑铰链约束

工程上铰链的常见结构是：用圆柱形销钉将两个开有销钉孔的零件连接起来，形成的一种可动的连接，如图 1-14a 所示。这时，销钉只能限制两物体的相对移动而不能限制它们的相对转动。如果销钉与零件之间接触面的摩擦很小，可忽略不计，则称之为光滑铰链。工程上常见的光滑铰链有如下几种形式：

(1) 中间铰链：中间铰链结构如图 1-14a 所示，是用销钉穿过两个可动零件的圆柱孔，将它们连接起来，使两个零件可绕销钉轴线相对转动。销钉与两个被约束零件之间实际上是以光滑圆柱面接触。因此，按照光滑面约束反力的特点，销钉对零件的约束反力 F 应沿圆柱面接触点 K 的公法线，即过 K 点的半径方向，如图 1-14b 所示。但由于接触点 K 的位置会随主动力方向不同而改变， F 的方向不能预先确定下来，在未知约束力确切指向的情况下，一般可假定用两个正交反力 F_x 和 F_y 来表示。图 1-14c 是这种约束的简图。汽车发动机的曲柄滑块机构中，连杆与活塞、连杆与曲柄的连接就为中间铰链，如图 1-15a、b 所示。

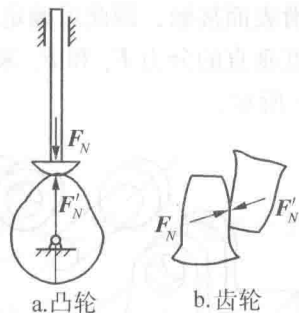


图 1-13 凸轮和齿轮

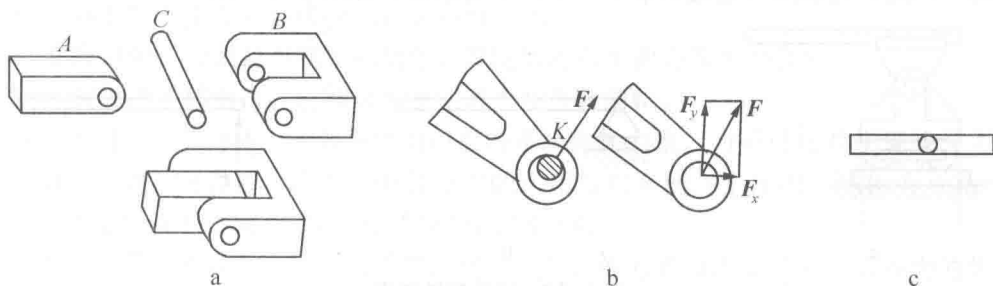


图 1-14 光滑铰链

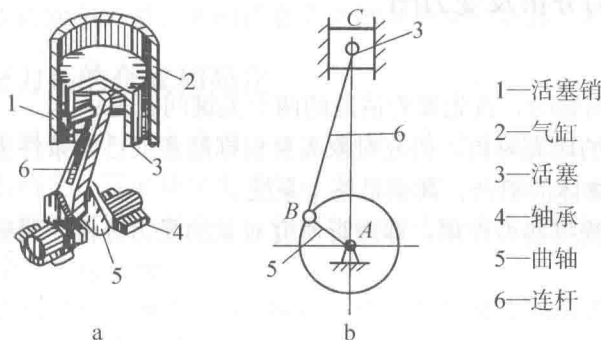


图 1-15 曲柄滑块机构

(2) 固定铰链支座：铰链约束的典型构造是将构件和固定支座在连接处钻出圆孔，再用圆柱形销钉连接起来，使物体只能绕销钉的轴线转动。这种约束称为固定铰链约束，或称固定铰链支座，简称固定铰支，如图 1-16a 所示。

被约束的物体可绕销钉轴转动，铰链中的销钉与物体的圆柱孔之间不计摩擦，可看成

光滑表面接触, 因此可确定约束反力, 由于约束反力的大小及方向均未知, 通常可用两个相互垂直的分力 F_x 和 F_y 来表示, 如图 1-16b 所示。固定铰链支在示意图上的画法如图 1-16c 所示。

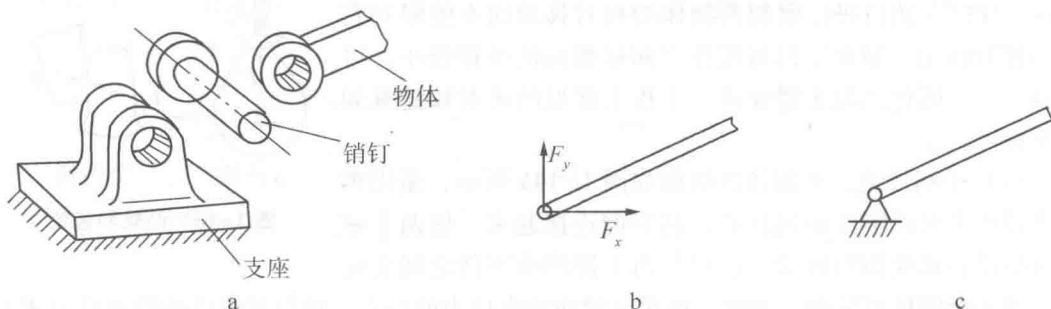


图 1-16 固定铰链支座

(3) 活动铰链支座: 工程上有时为了适应某些构件变形的需要, 在铰链支座下面安装辊轴, 成为活动铰链支座, 如图 1-17a 所示。活动铰链支座的示意图如图 1-17b 所示。这时候约束只能限制构件趋向支承面的运动, 不能限制构件绕销钉轴线的转动以及沿支承面的移动。因此, 约束反力通过销钉中心垂直于支承面, 如图 1-17c 所示。

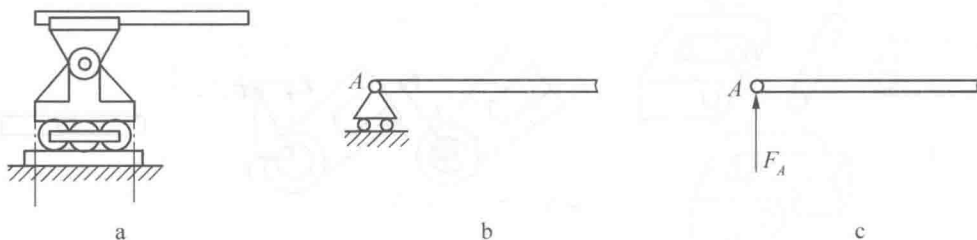


图 1-17 活动铰链支座

五、物体的受力分析及受力图

1. 静力平衡关键

在研究静力平衡问题时, 首先要弄清楚的两个关键问题是:

(1) 哪个是我们的研究对象。研究对象需要根据题意或已知条件去确定。研究对象可以是单个物体、几个物体的组合, 甚至是整个系统。

(2) 研究对象上受哪些力作用。即进行研究对象的受力分析, 明确各个力的性质、方向、是否已知等。

2. 分离体受力图

由于研究对象往往是非自由体, 受到各种各样的约束, 为了清楚地表示研究对象的受力情况, 需把研究对象所受的约束解除, 将其从与周围物体的联系中分离出来单独画出, 这一过程称为“取分离体”。分离体指解除了约束后的物体。取分离体后, 要用相应的力代替原来的约束对物体的作用, 以维持原有的平衡状态, 这一过程称“受力分析”, 并用图表示出来。这种表示分离体及其所受各个力(主动力、约束反力)的图, 称为“受力图”。画分离体受力图的步骤如下: