

高等教育精品教材



机械工程基础

JIXIE GONGCHENG JICHU

苏猛 王春华 李凤平 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等教育精品教材

机械工 程基础

主编 苏 猛 王春华 李凤平

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书共分四篇十三章,主要包括:物体的受力分析与平衡、物件受力变形及其应力分析、常用工程材料与钢的热处理、热加工基础、常用机构、常用机械传动、常用机械零部件、金属切削基础知识、金属切削机床与常用加工方法、特种加工简介、机械加工工艺规程、机械装配工艺基础、先进制造技术等,每章后均附有复习思考题。

本书注重工程应用,以“少而精,浅而广”为原则,突出系统性、实用性。

本书是高等院校非机类和近机类专业教学用书,也可供相关电大、高职、函授等学校有关专业选用,还可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程基础/苏猛,王春华,李凤平主编. —徐

州:中国矿业大学出版社,2010.3

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0609 - 1

I. ①机… II. ①苏… ②王… ③李… III. ①机械工

程—高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 027930 号

书 名 机械工程基础

主 编 苏 猛 王春华 李凤平

责任编辑 潘俊成 陈红梅

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 21 字数 524 千字

版次印次 2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

定 价 29.80 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前 言

机械工程基础是高等工科院校非机类和近机类专业的一门技术基础课。

随着科学技术的高速发展和人类社会的不断进步,现代工程教育已经把创新教育和素质教育提到极为重要的位置,以适应 21 世纪人才培养的需要。通过多年来对非机类机械基础系列新课程体系的教学内容改革与教学实践的研究总结,并吸收了国内外先进经验而编写了本书。

本书以开拓专业知识,培养知识面宽、一专多能的复合型人才为目的,并注意学科间互相渗透与融合,使学生掌握具备常用机构和通用零件设计及制造方面的基本知识,了解机械产品设计及制造方法,掌握各种常用机构及零部件的特点、应用及某些机械制造技术的要求。

本书注重工程应用,不强调理论分析,淡化公式推导,以少而精、浅而广为原则,突出系统性、实用性。全书采用国际单位制,并采用最新国家标准。

本书的内容是按 60~80 学时要求编写的,供高等工科院校非机类和近机类专业学生使用,也可作为电大、高职、职大、函授等学校有关专业的教学用书,还可供工程技术人员参考。

参加本书编写工作的有苏猛(绪论、第六章)、张东升(第一、二章)、丁飞(第三、四章)、王春华(第五、七章)、魏晓华(第八、九章)、师建国(第十、十一、十二、十三章),李凤平插图校对。

本书由苏猛、王春华、李凤平担任主编,李贵轩教授担任主审。本书在编写过程中参考了一些国内同类著作,在此特向有关作者和单位表示感谢。

由于编写水平所限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 12 月



目 录

绪论	1
----	---

第一篇 工程力学基础

第一章 物体的受力分析与平衡	7
第一节 物体的受力分析	7
第二节 力矩和平面力偶系	14
第三节 平面力系的平衡	17
复习思考题	25
第二章 构件受力变形及其应力分析	28
第一节 概述	28
第二节 轴向拉伸与压缩	30
第三节 剪切和挤压	39
第四节 扭转	44
第五节 弯曲	50
复习思考题	60

第二篇 工程材料及热加工基础

第三章 常用工程材料与钢的热处理	63
第一节 工程材料的性能及类型	63
第二节 常用工程材料	69
第三节 钢的热处理	85
复习思考题	90



第四章 热加工基础	91
第一节 铸造生产	91
第二节 锻压生产	97
第三节 焊接生产	106
复习思考题	117

第三篇 机械设计基础

第五章 常用机构	121
第一节 平面机构的自由度	121
第二节 平面连杆机构	129
第三节 凸轮机构	134
第四节 间歇运动机构	140
复习思考题	145
第六章 常用机械传动	147
第一节 带传动	147
第二节 链传动	155
第三节 齿轮传动	160
第四节 轮系	177
复习思考题	183
第七章 常用机械零部件	184
第一节 螺纹及其连接件	184
第二节 键、销连接	192
第三节 轴	198
第四节 滑动轴承	202
第五节 滚动轴承	211
第六节 联接器和离合器	221
复习思考题	228

第四篇 机械制造技术基础

第八章 金属切削基础知识	231
第一节 切削运动及切削要素	231
第二节 金属切削刀具	234
第三节 金属切削过程的基本规律	237
复习思考题	242



第九章 金属切削机床与常用加工方法	243
第一节 机床的类型和基本构造.....	243
第二节 车床与车削加工.....	249
第三节 铣床及铣削加工.....	252
第四节 钻、镗床及钻、镗削加工.....	257
第五节 刨(插、拉)床及刨(插、拉)削加工.....	263
第六节 磨床及磨削加工.....	267
第七节 数控机床简介.....	273
复习思考题.....	278
第十章 特种加工简介	279
第一节 电火花加工.....	279
第二节 电化学加工.....	281
第三节 激光加工.....	283
第四节 超声波加工.....	285
复习思考题.....	287
第十一章 机械加工工艺规程	288
第一节 基本概念.....	288
第二节 机械加工工艺规程概述.....	292
第三节 毛坯的选择.....	296
第四节 基准及其选择.....	297
第五节 工艺路线的拟定.....	300
复习思考题.....	309
第十二章 机械装配工艺基础	311
第一节 机械装配概述.....	311
第二节 保证装配精度的工艺方法.....	314
第三节 装配工艺规程的制定.....	318
复习思考题.....	319
第十三章 先进制造技术简述	320
第一节 柔性制造系统.....	320
第二节 计算机辅助工程技术.....	321
第三节 计算机集成制造系统.....	323
第四节 其他先进制造技术.....	324
复习思考题.....	326
参考文献	327



绪 论

一、机器在国民经济建设中的作用及发展趋向

物质资料的生产,是人们赖以生存和发展的基础。在古代,人类通过长期的生产实践活动,创造了各种劳动工具和机械,增强了同大自然斗争的本领,发展了生产力,推动了社会进步。自 18 世纪 60 年代英国工业革命以来,世界各国先后大量采用机器生产,生产力得到迅速发展。现代化的机器生产,是生产力高度发展的重要标志。

机械工业与国民经济建设有密切的关系,是为国民经济各行业提供机器装备的主导工业,被称为“工业的心脏”。在国民经济建设和人们的日常生活中机械无处不在,从人们生活中使用的缝纫机、洗衣机到工业生产、交通运输业使用的汽车、飞机、轮船、起重机、机床、矿山机械等各行各业都离不开机器。我国还拥有自己的核能技术、航天技术,发射了载人宇宙飞船等,如果没有我们机械工业的雄厚实力,这些成就是不可能取得的。我国已经能制造国民经济各行各业以及国防和科学研究所需要的各种机械设备。采用先进的技术,广泛使用机器进行大批量生产,并对生产进行严格的分工与科学管理,有利于实现产品的标准化、系列化、通用化,有利于实现生产的高度机械化、电气化和自动化,有利于进一步促进国民经济的繁荣,并增强综合国力。

简而言之,机械工业起到了为国民经济各部门、为国防和科学研究提供技术装备和促进技术进步的重要作用,是促进国民经济发展和实现四个现代化的基础。

现代化生产和科学技术的日益发展,对于机器无论在产品的品种、数量和质量上都不断地提出更高的要求,促使机械学科向高、精、端方向发展,出现了许多新的分支,一些边缘学科(交叉学科)相继产生和应用。智能控制系统、信息技术、成组技术、CIMS、加工中心等应用到机械领域,为机械工业的发展创造了更好的条件,开辟了更广阔的途径,标志着我国机械制造业已发展到一个崭新的水平。现代机械产品的发展趋势如图 0-1 所示。

二、“机械工程基础”课程研究的内容

“机械工程基础”是传授机械产品设计、制造方法的一门综合性技术基础课,是对机器生产实践经验的概括和总结,它具有两个显著特点:一是实践性和实用性,即与生产实践紧密结合,是一门应用学科;二是综合性和广泛性,即涉及的知识领域面广并综合应用。任何一台机器,都是由许多零部件装配而成的,都是按设计要求加工制造的。机械产品从设计、选材、制造到装配出厂全过程如图 0-2 所示。

本课程主要包括以下四大部分:

- ① 工程力学基础,主要介绍物体在力的作用下的平衡问题、物件的受力变形及应力分

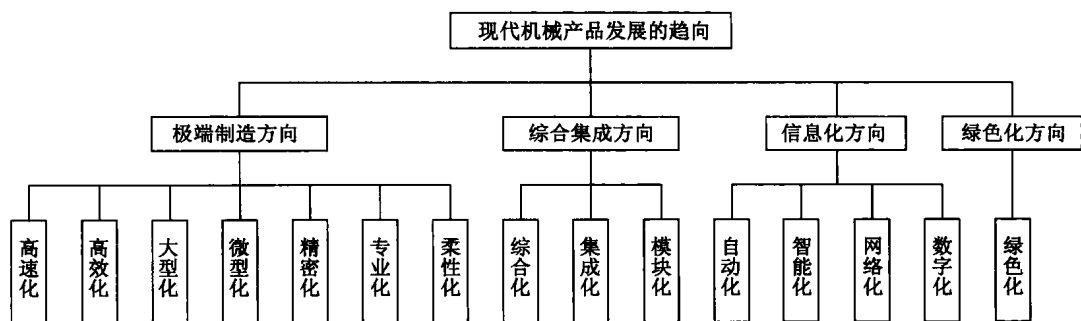


图 0-1 现代机械产品发展趋向

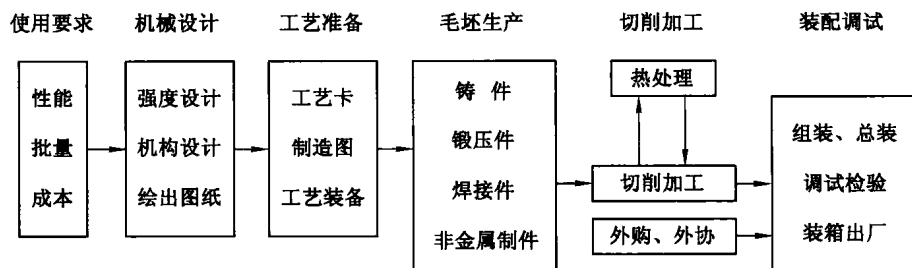


图 0-2 机械产品制造流程图

析,即为机器的零部件确定合理的材料、截面形状和尺寸。

② 工程材料及热加工基础,主要介绍常用的工程材料、钢的热处理方法和热加工基础知识。

③ 机械设计基础,主要介绍常用机构、常用机械传动和常用零部件。

④ 机械制造技术基础,主要介绍机械零部件的制造工艺及设备 and 机械产品的装配技术,还简单介绍了特种加工和先进制造技术。

本课程所研究的内容都是机械方面的基础知识,在工程技术中,它们是一个不可分割的整体。

三、“机械工程基础”课程的学习目的

对于非机械类专业的学生来说,学习本课程非常必要。

第一,为学习专业课奠定基础,为从事专业工作创造必要的条件。前面所述,各行各业都离不开机器,各种机械电气设备、精密机械、工业自动化装置和许多仪器仪表都是由不同的机构组成的,具有必要的机械方面的基础知识将有助于学生更好地学习和掌握专业课中的相关内容,有助于学好专业课。

第二,学习“机械工程基础”课程,有助于培养学生的科学思维方法,提高分析问题和解决问题的能力,提高学生的综合素质。本课程实践性强,非常贴近生产实际,在应用所学习的理论知识去解决生产中的实际问题时,必须具体情况具体分析,需要严密的逻辑思维、推理和判断。

第三,在科学技术高速发展的今天,对生产一线的技术人员和管理人员的知识结构要求



越来越高,各专业之间的联系也越来越密切。因此,对于生产一线的非机械类专业的应用性技术人员和管理人员来说,具备一定的机械方面的基础知识,将有助于技术人员更好地使用、维护生产设备,提高产品的质量,有助于管理人员更有效地实施生产管理,在所从事的工作中大有作为。

四、“机械工程基础”课程的学习方法

鉴于本课程的特点,在学习本课程时,要认真理解基本概念、基本理论和基本方法,并通过例题、思考题和习题予以巩固,以掌握基本的分析问题和解决问题的方法,提高分析问题和解决问题的能力。在学习过程中还要注意在学习本课程的同时,适时复习先修课程的相关内容和本课程已学过的内容,使学习内容前后融会贯通。最后,要善于做好学习内容的阶段总结,总结就是对学习复习、归纳、提高的过程。只要这样做,就能有较大的收获。金工实习也为本课程的学习提供了一定的条件,有助于我们增加必要的感性认识。



第一篇 工程力学基础

工程力学基础主要包括静力学和材料力学的基础知识,即研究物体在力系作用下的平衡和构件在外力作用下的受力、变形和破坏规律,为构件的合理设计提供必要的理论基础和计算方法。

机器和工程结构都是由许多构件(泛指机器的零部件,结构的元件等)所组成。这些构件相互连接并分别按一定的运动规律运动或保持静止状态。为了保证机器或结构件的正常工作,设计时必须分析各构件的受力情况,研究其平衡条件,进而确定作用在构件上的未知力,使构件处于平衡状态。所谓平衡,是指物体相对参考系处于静止或做匀速直线运动的状态。

任何构件在外力作用下都将不同程度地发生变形和尺寸的改变。如果构件的形状、尺寸设计不合理或材料选用不当,则构件在一定载荷的作用下会发生过度的变形或破坏。为了保证机械和工程结构的正常工作,在载荷的作用下,构件应该具有足够的承受载荷的能力,即构件必须具有足够的强度、刚度和稳定性。这些基本要求不仅与构件的截面形状和尺寸有关,而且还与材料的力学性能有关。因此,如何合理地选择构件的材料,如何正确地确定构件的截面形状,使构件满足使用要求,是构件设计中的一个十分重要的问题。



第一章

物体的受力分析与平衡

第一节 物体的受力分析

一、基本概念

(1) 力和力系

力是物体间的相互作用。力对物体的效应是使物体的运动状态发生变化和使物体发生变形。前者称为力的运动效应,后者称为力的变形效应。

由实践可知,力对物体的效应取决于力的大小、方向和作用点,即力的三要素。显然,力是矢量。如图 1-1 所示,通常用有向线段表示力,线段 AB 的长度按比例表示力的大小,箭头表示力的指向, A 或 B 表示力的作用点。通过力的作用点沿力的指向的直线称为力的作用线。文字符号用黑体字母例如 $\boldsymbol{F}$ 表示力的矢量,而力的大小则用普通字母 F 表示。

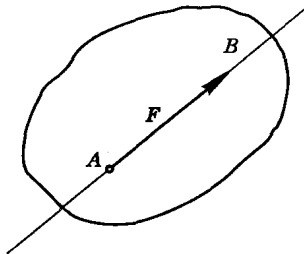


图 1-1 力的表示法

力的国际制单位是牛顿(N)或千牛顿(kN), $1\text{ kN} = 1\,000\text{ N}$ 。

作用在物体上的一组力称为力系,物体平衡时的力系称为平衡力系。如果两个力系分别对同一个物体的运动效应相同,则这两个力系彼此称为等效力系;如果一个力与一个力系等效,则称这个力是该力系的合力,而该力系中的每个力是合力的分力。

(2) 刚体的概念

所谓刚体是指在力作用下不变形的物体。实际上,任何物体在力作用下或多或少都会产生变形。如果物体变形不大或变形对所研究的问题没有影响,则可将物体抽象为刚体。

但是,如果在所研究的问题中,物体的变形成为主要因素时,就不能再把物体看做是刚体,而要看成为变形体。本章所研究的物体只限于刚体。

二、力的性质

实践证明,力具有下列性质:

性质 1 作用于刚体的两个力,使刚体处于平衡的充分必要条件是:两个力大小相等、方向相反,且作用在同一直线上,这称为二力平衡条件。

此条件对非刚体是不充分的。例如,绳索的两端受到一对等值、反向、共线的压力作用



时,并不能保持平衡。

只受两个力作用而平衡的刚体称为二力体。如果刚体是杆件,则称为二力杆。二力体所受的两个力必沿着作用点的连线。例如,棘轮机构中棘爪(图 1-2),在 A 点受到圆柱形销钉所给的力 F_A ,在爪尖 B 点受到棘轮给的力 F_B ,棘爪重量很小可略去不计,此时棘爪平衡,所以棘爪是二力体。根据二力平衡条件, F_A 和 F_B 必须等值、反向,作用线沿着 A、B 两点的连线。

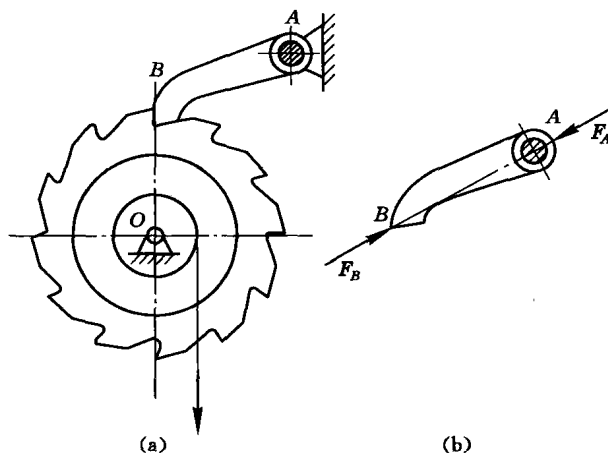


图 1-2 二力杆示意图

性质 2 作用在刚体上的力,可沿力的作用线任意移动作用点,而不改变它对刚体的效应,这称为力对刚体的可传性。

如图 1-3 所示,作用于小车后 A 点的力 F ,沿其作用线移到车前 B 点,变推车为拉车,小车的运动状态并不改变,即效果相同。

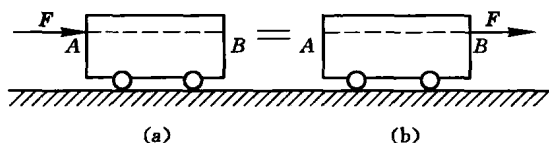


图 1-3 力的可传性

必须指出,力的可传性只适用于刚体,而不适用于变形体。

性质 3 作用在物体上同一点的两个力,可以合成为一个合力,合力的大小和方向由这两力为边构成的平行四边形的对角线来表示[图 1-4(a)],这就是力的平行四边形法则。这种合成力的方法称为矢量加法,合力称为这两力的矢量和。可用公式表示为:

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

为了作图方便,在求两共点力的合力时,只需画出平行四边形的 1/2,即三角形即可。其方法是自共力点 A 先画一力 F_1 ,然后再由 F_1 终端 B 画一矢量 F_2 (仅表示 F_2 的大小和方向),最后由 A 点至矢量 F_2 的终端 C 作一矢量 F ,它就是 F_1, F_2 的合力[图 1-4(b)]。这种作图法称为力的三角形法则。显然,调换 F_1, F_2 的顺序,其结果不变。

利用力的平行四边形法则也可以将一力分解为相交的两个分力。工程上常将一力沿两

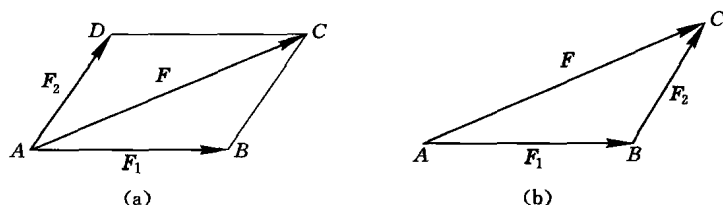


图 1-4 力的合成

个互相垂直的方向分解。如图 1-5 所示,车刀对加工工件的总切削力 F 可分解为切向力 F_t 和径向力 F_n 。这种分解称为正交分解。

性质 4 任意两个相互作用物体之间的作用力和反作用力,总是大小相等,方向相反,沿同一直线,分别作用在两个物体上,这称为作用和反作用定律。

该定律表明:力都是成对同时产生的,有作用力必有反作用力,单方面的作用是不存在的。在研究由几个物体构成的系统——物系的受力关系时,常使用该定律。

应当注意,作用与反作用定律中的一对力,和二力平衡条件中的一对力是有区别的。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个力则作用在同一个刚体上。

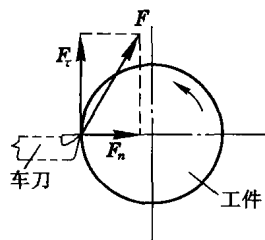


图 1-5 力的分解

三、约束和约束反力

在空间能做任意运动的物体称为自由体。当物体受到其他物体的限制,不能沿某些方向运动时,这样的物体称为非自由体。如图 1-6 所示,冲头滑块受到滑道的限制只能沿铅垂直方向移动,曲柄轴受到轴承的限制只能转动。又如图 1-7 所示的桥梁桁架,受到左右支座的限制。

对非自由体的某些运动起限制作用的周围物体称为约束。例如,图 1-6 中滑道是冲头滑块的约束,轴承是曲柄轴的约束;图 1-7 中支座是桥梁的约束。

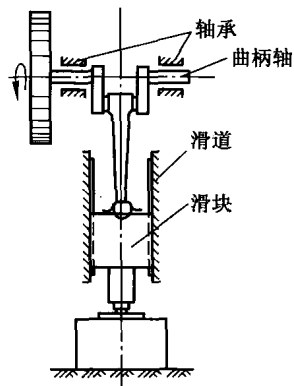


图 1-6 曲柄压床

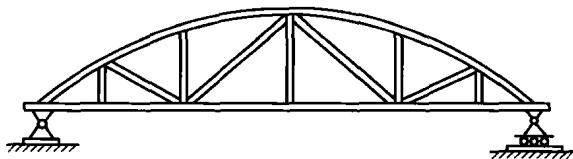


图 1-7 桥梁桁架



约束施加于被约束物体的力称为约束反力,简称反力。反力的方向总是与约束所能限制运动的方向相反,这是确定约束反力方向的准则。反力的大小,可由平衡条件求出。为了区别于反力,把只能主动引起物体运动或使物体有运动趋势的力称为主动力。一般情况下,主动力是已知的。反力是由主动力的作用而引起的,所以又称为被动力,它随主动力的改变而改变。下面介绍几种工程上常见的约束类型及反力方向的确定。

(1) 柔性体约束

绳索、链条和带等可以构成这种约束。如图 1-8(a)所示的链条,只能限制物体沿其中心线离开的运动,而不能限制其他方向的运动。因此,链条的约束反力方向应沿着它的中心线而背离物体;反力作用在物体与链条的连接处[图 1-8(b)]。

(2) 光滑面约束

若物体接触面上的摩擦力与其他力相比很小,则可以忽略不计,这样的接触面就认为是光滑的。光滑接触面不能限制物体沿接触面切线方向的运动,而只能限制物体沿接触面公法线指向约束的运动。因此,光滑面反力的方向为过接触点的公法线且指向物体,如图 1-9 所示。这种约束反力也称为法向反力。机械中常见的啮合齿轮的齿面约束(图 1-10)、凸轮曲面对顶杆的约束(图 1-11)等,均可视为光滑面约束。

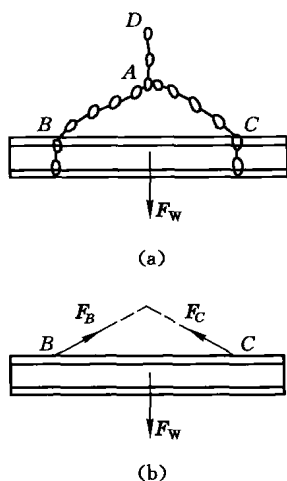


图 1-8 链条约束

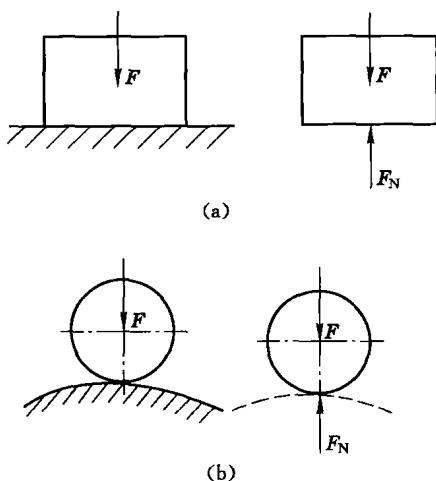


图 1-9 光滑面约束

(3) 光滑圆柱铰链约束

将两个构件在连接处钻圆孔,用圆柱销连接起来便构成此约束。若不计摩擦阻力,则此结构可视为光滑圆柱铰链约束。物体受这种约束,彼此只能绕圆柱销的轴线转动。如果其中一个物体固定于地面或机架上,则称为固定铰链支座[图 1-12(a)],其简图如图 1-12(e)所示。因不计摩擦阻力,铰链中的圆柱销与物体的圆孔间的接触是两个光滑圆柱面的接触[图 1-12(b)]。按照光滑面约束反力的性质,可知圆柱销给物体的反力 F 应沿圆柱面上接触点 K 的公法线,并通过铰链中心 O ,如图 1-12(c)所示。因接触点 K 的位置可以是孔的圆周上任意点,所以约束反力 F 的方向不能预先确定。用通过铰链中心的两个正交分力 F_y 和 F_x 来表示,如图 1-12(d)所示。