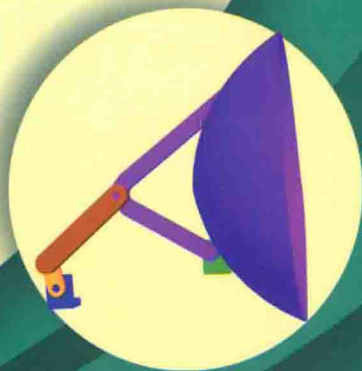




高等职业教育“十二五”规划教材
制造类专业基础平台课系列

机械设计基础

● 主 编 丁俊健 徐立平 王跃进
主 审 谭亲四



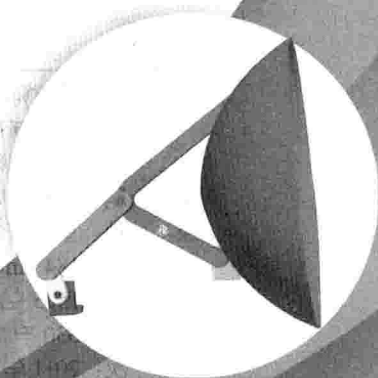
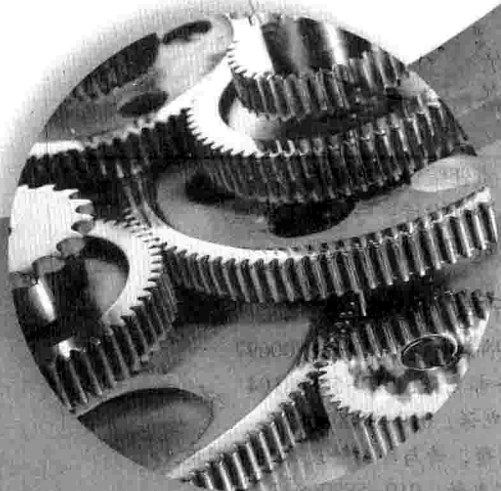
北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社



高等职业教育“十二五”规划教材
制造类专业基础平台课系列

机械设计基础

● 主 编 丁俊健 徐立平 王跃进
副主编 邱术芹 刘小娟 郝建豹
参 编 关天富
主 审 谭亲四



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

机械设计基础 / 丁俊健, 徐立平, 王跃进主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2011.6

(高等职业教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-303-12152-6

I. ①机… II. ①丁…②徐…③王… III. ①机械设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 028698 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京京师印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 184 mm × 260 mm

印 张: 15.5

字 数: 330 千字

版 次: 2011 年 6 月第 1 版

印 次: 2011 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 31.00 元

策划编辑: 庞海龙 责任编辑: 庞海龙

美术编辑: 高 霞 装帧设计: 弓禾碧工作室

责任校对: 李 菡 责任印制: 孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

出版说明

为贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高〔2006〕16号)文件精神,“十二五”期间,北京师范大学出版社将组织出版高等职业教育“十二五”系列规划教材。在组织教材编写的过程中,我们始终坚持科学发展观,紧紧围绕高等职业教育的培养目标,从满足社会发展对高素质劳动者和技能型人才的需求出发,坚持以就业为导向,以能力为本位,以学生为中心,以工作过程为导向的课程改革与教材建设理念,着力打造反映教学改革最新精神的职业教育教材。为此,我们邀请了全国职业教育的专家、有关高职院校的骨干教师,共同编写了本套系列规划教材。

经过众多专家、老师的努力,本套教材在教材体系、内容组织、图文表现等各方面都有所创新与发展,形成了鲜明的编写风格:

1. 目标驱动。关注的焦点放在通过任务的完成所获得的成果上面。通过成果的获得,激发学生学习的兴趣,激励学生勇于探索,不断进步。

2. 任务引领。每个项目分为若干个子任务,在任务的完成中学习相关知识、技能,实现学生的全面发展。

3. 学生为本。教材的设计以学生为中心,在教材组织的各个环节突出学生的主体地位,引导学生明确应该怎么做、做到什么程度。

4. 图文并茂。考虑到高等职业学院学生的心理和生理特点,本套教材尽量采用图形化、表格化和步骤化的呈现方式,便于学生学习。

5. 立体化开发。在组织教材编写的过程中,配套研发与教材相应的电子教案、课件、实训指导材料等助教、助学资源库,以便教师授课和学生学习使用。

当然,任何事物的发展都有一个过程,职业教育的改革与发展也有一个过程,同样,我们组织出版的本套系列规划教材也需要在教学实践的过程中不断完善,因此,衷心希望各位读者能提出宝贵的意见和建议,并积极参与到我们进一步的教材研发中来,共同为我国的高等职业教育教学改革和教材建设作出贡献。

北京师范大学出版社职教分社

内容简介

本书根据高职高专“机械设计基础”课程教学基本要求编写，以项目教学法模式组织内容，包括力学基础、平面机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇机构、带传动、链传动、联接、轴、轴承等 11 个项目内容。

本书可作为高等职业院校机械类专业的教学用书，也可作为其他有关专业师生和工程技术人员的参考书。

前言

本教材是高职高专机械类、近机类专业教材，针对高职高专教育特点及培养应用型人才的需要，考虑学生实际情况，以学生技能培养为重点，在参考同类教材的基础上，教材内容简化理论推算，突出实用技能。教材按照项目教学法模式组织内容，将纯理论知识内容归为知识点，将设计和计算内容归为技能点。每个项目都明确技能和知识教学目标，符合高职学生的学习特点。总授课学时约为 80 学时。

本教材主要包括力学基础、平面机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇机构、带传动、链传动、联接、轴、轴承等 11 个项目，涉及力学分析技能、常用机构分析技能、常用机构设计技能等内容。本书由中山火炬职业技术学院丁俊健编写项目 1 至项目 3；中山职业技术学院邱术芹编写项目 4、项目 5；中山职业技术学院刘小娟编写项目 6；广东交通职业技术学院郝建豹编写项目 7；广州工程技术职业学院徐立平编写项目 8、项目 9；广州城建职业学院王跃进编写项目 10、项目 11。广东省南方高级技工学校谭亲四对本书提出了宝贵修改建议，编者在此表示感谢。

由于水平有限，难免存在不妥之处，恳请读者及专家批评指正。

编者

目 录

项目 1 力学基础	1
1.1 静力学基础	1
知识点 1 静力学基本概念	2
知识点 2 约束和约束反力	6
技能点 1 物体受力分析	8
技能点 2 平面力系受力分析	9
1.2 材料力学基础	11
知识点 材料力学的基本概念	12
知识与技能 1 轴向拉伸与压缩概述及计算	12
知识与技能 2 剪切与挤压概述及计算	16
知识与技能 3 扭转概述及计算	19
知识与技能 4 弯曲概述及计算	21
知识与技能 5 弯扭组合变形概述及计算	29
小结	30
思考与练习	31
项目 2 平面机构	33
2.1 平面机构运动简图及自由度	33
知识点 机械及机构的组成	33
技能点 绘制平面机构运动简图	36
知识与技能 平面机构自由度及计算	38
2.2 平面连杆机构	42
知识点 1 铰链四杆机构的形式	42
知识点 2 铰链四杆机构的基本特性	46
技能点 平面四杆机构的设计	49
小结	51
思考与练习	51

项目3 凸轮机构	54
知识点1 凸轮机构分类及应用	54
知识点2 凸轮从动件运动规律	56
知识点3 凸轮机构的结构、材料及加工	59
技能点1 盘形凸轮机构设计	61
技能点2 凸轮设计中应注意的几个问题	63
小结	66
思考与练习	66
项目4 齿轮机构	67
4.1 齿轮传动	67
知识点1 齿轮机构特点及分类	67
知识点2 齿廓啮合基本定律	69
知识点3 渐开线齿廓	69
知识与技能 标准渐开线直齿圆柱齿轮参数及计算	71
知识点4 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动	75
知识点5 渐开线齿轮的加工及变位齿轮	77
知识点6 斜齿圆柱齿轮传动	81
知识点7 锥齿轮传动	83
知识点8 蜗轮蜗杆传动	86
4.2 齿轮设计	90
知识点1 齿轮失效形式及齿轮设计准则	90
知识点2 齿轮材料及精度	92
知识点3 齿轮结构、润滑及传动效率	96
技能点1 直齿圆柱齿轮传动受力分析及传动强度计算	99
技能点2 直齿圆柱齿轮传动设计	105
技能点3 其他齿轮的受力分析及强度计算	108
小结	111
思考与练习	111
项目5 轮系	113
知识点 轮系简介	113
技能点 轮系传动比计算	115
小结	119
思考与练习	119
项目6 间歇机构	120

知识点 1 棘轮机构	120
知识点 2 槽轮机构	122
知识点 3 不完全齿轮机构	123
小结	124
思考与练习	124
项目 7 带传动	125
知识点 1 带传动的组成、类型及应用特点	125
知识点 2 带传动工作原理	127
技能点 1 V 带传动的设计	130
技能点 2 带传动的张紧、安装和维护	141
小结	143
思考与练习	143
项目 8 链传动	144
知识点 链条机构种类及结构	144
技能点 链传动的设计	148
小结	156
思考与练习	156
项目 9 联 接	157
9.1 螺纹联接	157
知识点 螺纹联接概述	157
技能点 螺纹联接应用与计算	163
9.2 键联接	172
知识点 键联接概述	173
技能点 平键联接设计	175
9.3 花键联接	178
知识点 花键联接概述	178
9.4 销联接	179
知识点 销联接概述	179
9.5 联轴器	180
知识点 联轴器概述	181
知识与技能点 常用的联轴器特点及其应用	182
9.6 离合器	189
知识与技能点 各种离合器特点及应用	190
9.7 制动器	192

知识点 制动器概述	192
小结	194
思考与练习	194
项目 10 轴	196
知识点 1 轴简介	196
知识点 2 轴材料	199
知识点 3 轴的结构	202
技能点 轴的设计	207
小结	210
思考与练习	210
项目 11 轴 承	211
11.1 滑动轴承	212
知识点 滑动轴承类型	212
技能点 滑动轴承的选用	216
11.2 滚动轴承	220
知识点 滚动轴承类型	221
技能点 滚动轴承的选用	224
小结	234
思考与练习	234
参考文献	235

1.1 静力学基础



技能目标

1. 能正确应用静力学的基本概念进行物体的受力分析。
2. 能正确分析和计算平面力系及平衡问题。
3. 能正确应用力学公理及推理进行静力学计算。



知识目标

1. 理解力、力系、刚体、力矩、力偶和力偶矩等静力学的基本概念。
2. 掌握静力学公理及推理。
3. 了解约束的类型及受力情况。



学习重点难点

1. 静力学中物体的受力分析。
2. 力学公式应用及静力学计算。

静力学是研究物体平衡问题的科学。所谓平衡，是指物体相对于周围物体保持静止或匀速直线运动状态，它是物体机械运动的一种特殊形式。静力学主要研究下列三个问题：

- (1) 物体的受力分析：分析物体所受到的力，力的大小、方向、作用点(线)。
- (2) 力系的合成与分解：将作用在刚体上的力系，用一个与原力系作用效果相同而便于分析的简单力系代替。
- (3) 力系平衡条件：研究受力作用下的刚体平衡时各力之间应该满足的条件。

静力学是工程力学中最基础的部分，也是本课程学习的基础，在工程上具有重要的实用意义。

知识点 1 静力学基本概念

一、力

通过生产实践,人们逐渐形成了力的概念。力是两个物体间的相互作用,这种作用可以使物体运动状态发生变化,或者使物体发生变形。

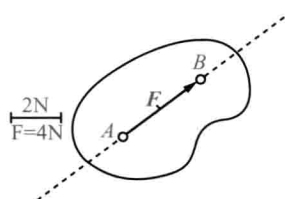


图 1-1 力的三要素

力对物体的作用效果,取决于力的三要素:力的大小、方向、作用点,如图 1-1 所示。三要素中的任何一个发生变化,都将改变它对物体的作用效果。

力是矢量,在绘制时要用有向线段表示。线段的起点或终点表示力的作用点,线段的方位和箭头的指向表示力的方向,按一定比例尺画出的线段的长度表示力的大小。

在国际单位制中,力的单位为牛顿(N),简称牛,力的符号为 F 。

二、力系

通常作用在物体上的力不止一个,一般把作用在物体上的一群力称为力系,如图 1-2 (a)所示。如果作用在物体上的某一力系可以被另一个力系代替,而不改变原有的状态,则称这两个力系互为等效力系。

如果一个力系与一个力等效,则这个力就称为此力系的合力,如图 1-2(b)所示。

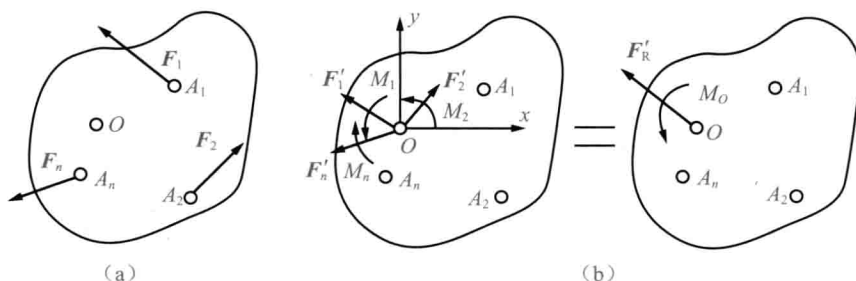


图 1-2 力系及力的合成

将力系等效为合力的过程称为力的合成,力系中的各个力称为合力的分力,将合力代换成分力的过程称为力的分解。

三、刚体

在静力学中,通常把研究物体看成刚体。所谓刚体,是指在任何外力的作用下,大小和形状始终保持不变的物体。实际上,任何物体在外力的作用下都会发生不同的变形。在工程中构件的变形,通常极为微小,对平衡问题的影响很小,可以忽略不计,从而把构件视为刚体,简化所研究的问题。

四、力矩

一个力作用在具有固定点(或轴)的刚体上,若力的作用线不通过其固定点或轴时,则刚体将产生转动效应,如图 1-3 所示。图中,力 F 使螺母绕 O 点的转动效应不仅与力 F 的大小有关,还与力 F 的作用线到转动中心 O 的距离 h (力臂)有关。用力 F 与点 O 至作用线垂直距离 h 的乘积来度量这个效应,称为力 F 对点 O 的矩,简称力矩,表达式为

$$M_O(F) = \pm Fh \quad (1-1)$$

力矩是一个代数量,其正负号规定为:力是刚体绕矩心逆时针转向时,力矩为正;反之,力矩为负。在国际单位制中,力矩的常用单位为牛顿·米($\text{N} \cdot \text{m}$)。

力矩具有以下性质:

力矩的大小和转向与矩心的位置有关,同一力对不同矩心的力矩不同。

当力的作用点沿力的作用线移动时,力对点之矩不变。因为此时力的大小、方向未变,力臂的长度未变。

当力的作用线通过矩心时,力臂的长度为零,力矩也为零。

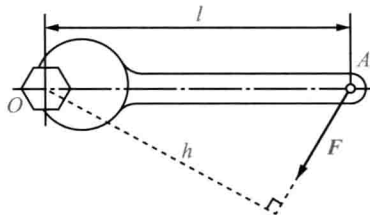


图 1-3 力矩图

五、力偶和力偶矩

所谓力偶就是指作用在同一物体上大小相等、方向相反、不共线的两个力所组成的特殊力系,记为 (F, F') 。力偶中两个力的作用线之间的垂直距离 h 称为力偶臂,构成力偶的两个力所在的平面称为力偶作用面。

日常生活和工程实际中,司机转动转向盘、钳工转动丝锥攻螺纹时,双手所施加的都是力偶,如图 1-4 所示。

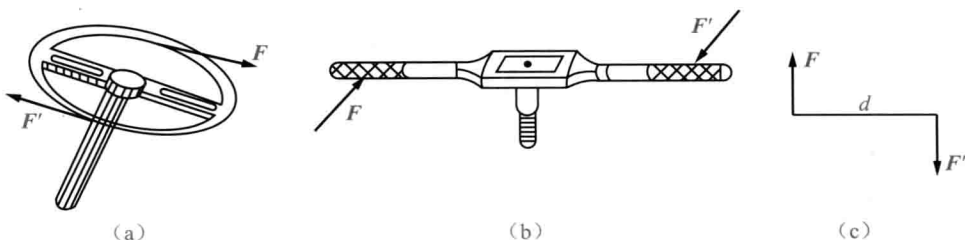


图 1-4 力偶及力偶矩

力偶的两力越大或作用线间的距离越长,它使刚体转动的效应就越大。将力偶中一个力与力偶臂的乘积作为力偶使刚体转动效应的度量,称为力偶矩,以符号 M 表示,表达式为

$$M = \pm Fd \quad (1-2)$$

正负号的规定与力矩一样,若力偶使刚体有顺时针转动的趋势时,规定力偶为负;反之,则规定为正。力偶矩的单位为牛顿·米($\text{N} \cdot \text{m}$)。

1. 力偶的性质

根据力偶的概念可以证明力偶具有如下性质:

(1) 构成力偶的两个力在任意坐标轴上投影的代数和为零, 即力偶无合力。也就是说, 力偶既不能与一个力等效, 也不能用一个力平衡, 力偶只能用力偶来平衡。力和力偶是组成力系的两个基本要素。

(2) 力偶对作用面内任意一点之矩等于该力偶的力偶矩, 而与矩心的位置无关。

(3) 力偶对刚体的作用效应完全取决于力偶矩的大小和转向, 所以力偶在其作用面内可以任意搬移、旋转, 不会改变它对刚体的效应。

2. 力偶的等效性

平面力偶的等效条件是: 在同一平面内的两个力偶, 只要其代数值相等, 则这两个力偶相等。

根据力偶的等效性, 可得出下面两个推论:

(1) 力偶在它的作用面内可任意转移位置, 而不会改变它对刚体的转动效应。

(2) 力偶在不改变其三要素的条件下, 可以同时改变力偶中力的大小和力偶臂的大小, 不会改变力偶对刚体的转动效应。

值得注意的是, 以上等效代换特性仅适用于刚体, 不适用于变形体。

由力偶的性质及其等效代换特性可见, 力偶对刚体的转动效应完全取决于其三要素。因此, 在表示平面力偶时, 可以不标明力偶在平面上的具体位置以及组成力偶的力和力偶臂的大小, 仅用一带箭头的弧线表示, 并标出力偶矩的大小即可。图 1-5 所示是力偶的几种等效代换表示法。

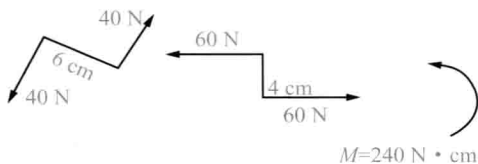


图 1-5 力偶的等效转换

六、静力学公理

静力学公理是一些最基本的规律, 这些规律为研究静力学提供了必要的基础。

公理 1 二力平衡公理: 作用在一个刚体上的两个力, 若使刚体处于平衡状态, 则此两个力必须大小相等, 方向相反, 且作用在一条直线上。

在两个力作用下处于平衡的物体称为二力体, 若此物体是构件或杆件, 也称其为二力构件或二力杆件, 简称为二力杆, 如图 1-6 中的 BC 杆。

公理 2 加减平衡力系公理: 在刚体上加上或减去一个平衡力系, 刚体的运动状态不会发生改变。

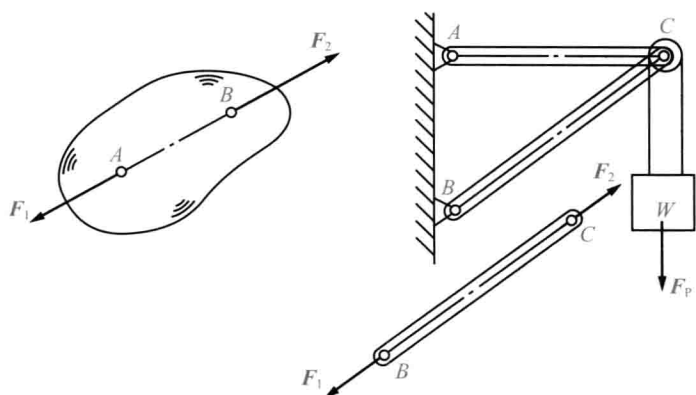


图 1-6 二力平衡及二力

推论 1 力的可传性原理：作用于刚体上的力，可以沿其作用线移至刚体内的任意一点而不会改变该力对刚体的效应。

由此推论可知，力对刚体的作用仅决定于力的大小，力的方向及作用线位置，而与作用点在作用线上何处无关。图 1-7 所示的小车，作用力 F 作用在 A 点和作用在 B 点，对小车的作用效果是相同的。

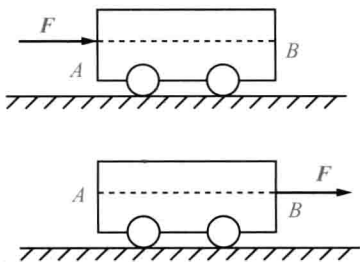


图 1-7 力的可传性原理

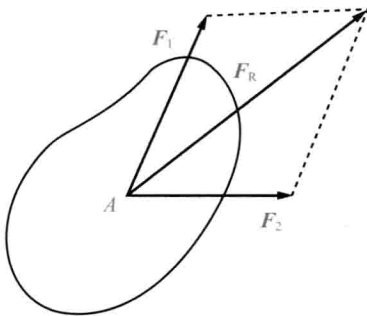


图 1-8 力的平行四边形

公理 3 力的平行四边形公理：作用于刚体上汇交的两个力，其合力作用在汇交点上，合力的大小和方向是由这两个力为边所画出的平行四边形对角线来表示。

如图 1-8 所示，力的平行四边形公理表达式为

$$F_R = F_1 + F_2$$

推论 2 三力平衡汇交原理：在同一平面内不平行的三个力达成平衡力系，则这三个力的作用线必须相交于一点。

公理 4 作用力与反作用力：两个物体间的作用力和反作用力，总是大小相等、方向相反，沿同一作用线，分别同时作用于相互作用的物体上。

力永远是成对出现的。需要注意的是：作用力与反作用力和二力平衡中两个力是不同的，作用力与反作用力分别作用在两个相互作用的物体上，二力平衡的两个力是作用在同一物体上的。

知识点 2 约束和约束反力

力学分析中通常把物体分为两类：一类是自由体，即它们的运动不受任何其他物体的限制，如空中飞行的飞机、人造卫星、炮弹等；另一类是非自由体，即它们的运动要受到其他物体的限制，如机场跑道上的飞机、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。对非自由体某些运动起限制作用的其他物体称为约束，例如，机场跑道、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的力称为约束力，约束力的方向总是与该约束所能限制运动方向相反，其作用点在约束力与被约束物体的接触处。

力学分析中又把作用在物体上的力分为两类：一类是主动力，也就是能引起物体运动或使物体有运动趋势的力，主动力有时又称载荷，如重力、弹簧力、电磁力、水压力、风压力等；另一类是被动力，作用于物体受到主动力作用而产生的反力即为被动力。

工程上构成实际的约束类型是多种多样的。不同类型的约束，有不同特征的约束力，下面介绍几种较典型的约束类型和其相应约束力的表示法。

一、柔性约束

由柔软而不计自重的绳子、带传动、链条等构成的约束就属于柔性约束。这种约束只能限制物体沿拉伸绳索方向上的运动，所以绳索对物体的约束反力是沿绳索中心线离开物体，这种约束反力通常用“ F_T ”表示，如图 1-9 所示。

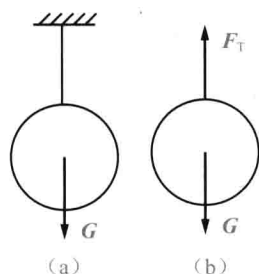


图 1-9 柔性约束

二、光滑接触面约束

光滑接触面是指接触处的摩擦力小到可以忽略不计。这样，这种约束只能限制物体沿着接触处的法向运动，但不能限制物体离开支承处或沿其他方向运动，所以约束反力沿接触处的法线而指向物体，这种约束反力通常用“ F_N ”表示，如图 1-10 所示。

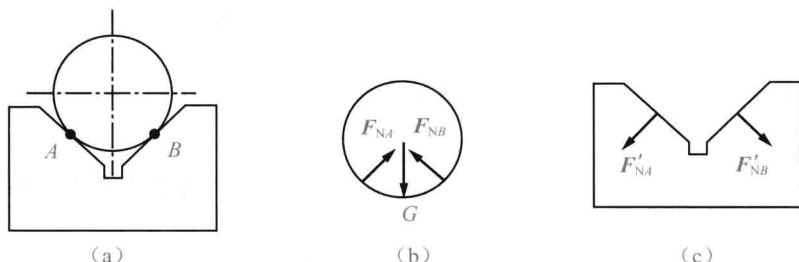


图 1-10 光滑接触面约束

三、铰链约束

铰链是工程上常见的一种约束。它是在两个钻有圆孔的构件之间采用圆柱定位销联

接而形成的,如图1-11所示。一般认为销与构件是光滑接触,所以这也是一种光滑接触面约束,约束反力应通过接触点 K ,沿着法线方向(通过销中心)指向构件,如图1-12所示。但实际上很难确定点 K 的位置,因此反力 F_N 的方向也无法确定。所以,这种约束的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 、 F_y 来表示,两个分力的指向可以任意设定。

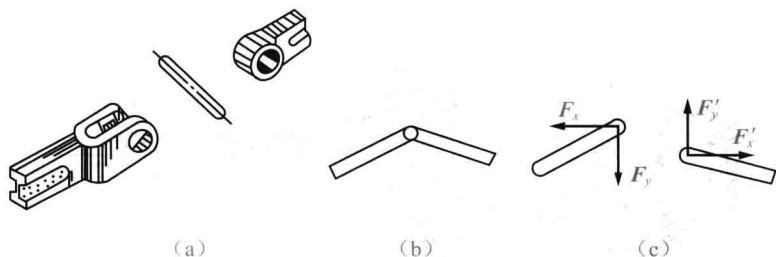


图1-11 铰链约束

铰链约束主要有两种形式:固定铰支座、活动铰支座。

1. 固定铰支座

用销将构件和基础联接,如图1-12所示。

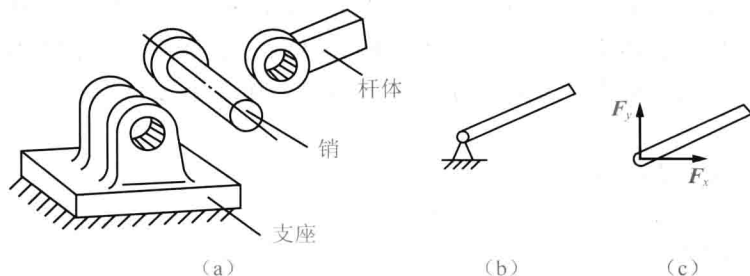


图1-12 固定铰支座

2. 活动铰支座

如果在固定铰链支座的座体与支承之间加装圆柱形滚子,这种支座就称为活动铰支座,如图1-13所示。由于圆柱滚子的作用,被支承构件可以沿着支承面的切线方向移动,其约束反力的方向只能在滚子与地面接触面的法线方向。

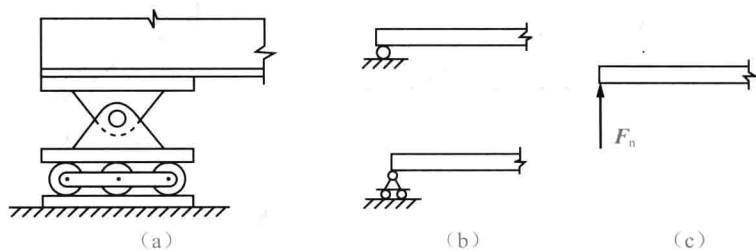


图1-13 活动铰支座