

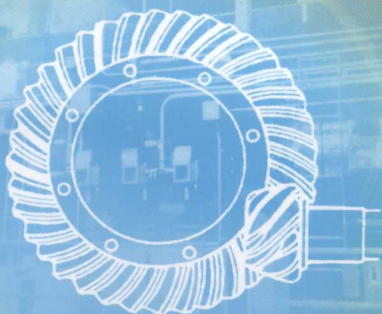


面向21世纪全国高职高专机电类规划教材

机械基础

JIXIE JICHU

钟丽萍 主 编
王 玉 副主编
许文华 主 审



$$d = mz$$

$$d_b = d \cos \alpha = mz \cos \alpha$$



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

面向 21 世纪全国高职高专机电类规划教材

机 械 基 础

钟丽萍 主 编

王 玉 副主编

张 杰 张元军 高桂仙 参 编

许文华 主 审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书对工程力学、机械工程材料及热处理、机械原理与机械零件三门课程按机械设计这条主线进行了整合。本书内容突出职业教育的特色,强化了工程应用,注重实践能力、动手能力和创新思维能力的培养。

本书共分9章,主要包括:构件的静力分析基础、构件的基本变形分析、机械工程材料及其热处理、常用机构、机械传动、联接与支承零部件等,符合当今高职机械基础课程的教学内容。

本书主要作为全日制不同学制的高职院校工程技术类各专业教材,同时也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/钟丽萍主编. —北京:北京大学出版社, 2006.2

(面向21世纪全国高职高专机电类规划教材)

ISBN 7-301-09963-0

I. 机… II. 钟… III. 机械学—高等学校—教材 IV. TH11

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第132691号

书 名: 机械基础

著作责任者: 钟丽萍 主编

责任编辑: 温丹丹

标准书号: ISBN 7-301-09963-0/TH·0047

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765126

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印刷者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×980毫米 16开本 14.5印张 317千字

2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

定 价: 24.00元

前 言

本书是根据教育部高职高专教育基础课程教学的基本要求,围绕培养应用型人才的目标,遵循少而精,浅而广的原则编写的。

本书涵盖了原机械类专业所涉及的工程力学、工程材料、机械原理、机械零件等课程的主要知识,并按机械设计这条主线对各课程内容进行了重组。本书在编写的过程中,既注重机械行业高职学生应掌握的基本知识,又尽量避开了繁琐的公式推导;既注重机械传动的特点、应用及工作能力的分析,又突出了零部件的失效形式、结构设计和强度计算,强化了工程应用,具有较强的实践能力和动手能力培养的可操作性。

本书不仅可作为高职院校机械类、近机类、数控专业学生教材,而且还适用于诸多应用技术类专业、管理类专业及有关工程技术人员使用。

参加本书编写的有:沈阳职业技术学院钟丽萍(绪论、第1、5章),沈阳职业技术学院张杰(第2章),沈阳职业技术学院张元军(第3章),河北机电职业技术学院高桂仙(第4、8章),河北机电职业技术学院王玉(第6、7、9章)。全书由钟丽萍主编,王玉副主编,全国机械行业专业教学指导委员会委员、工程力学学科组组长、沈阳职业技术学院副教授许文华主审。

由于编者水平有限和时间仓促,书中不妥之处恳请读者批评指正。

编 者

2005年10月

目 录

绪论	1
0.1 本课程的性质和内容	1
0.2 本课程基本要求和学习方法	1
第1章 构件的静力分析基础	3
1.1 力及其基本性质	3
1.1.1 力	3
1.1.2 力系	3
1.1.3 力的基本性质	4
1.1.4 约束与约束力	6
1.1.5 常见的约束类型	6
1.1.6 受力图	9
1.2 力对点之矩	10
1.2.1 力矩的概念	10
1.2.2 力矩的性质	10
1.2.3 合力矩定理	10
1.3 力偶	11
1.3.1 力偶与力偶矩	11
1.3.2 力偶的性质	12
1.3.3 平面力偶系及其合成	13
1.4 平面力系的平衡方程及其应用	13
1.4.1 力在平面直角坐标轴上的投影、合力投影定理	13
1.4.2 平面力系的平衡方程	16
1.5 空间力系与重心简介	21
1.5.1 力在空间直角坐标轴上的投影	21
1.5.2 空间力系平衡问题的平面解法	22
1.5.3 重心	24
1.6 思考题与习题	27
第2章 构件的基本变形	32
2.1 轴向拉伸与压缩	32
2.1.1 拉伸、压缩的概念与实例	32

2.1.2	截面法、轴力与轴力图	33
2.1.3	拉(压)杆横截面上的正应力	35
2.1.4	轴向拉压杆变形、胡克定律	36
2.1.5	材料在轴向拉伸与压缩时的力学性能	38
2.1.6	构件拉伸与压缩时的强度计算	42
2.1.7	压杆稳定的概念	43
2.2	剪切与挤压	44
2.2.1	剪切与挤压的概念与实例	44
2.2.2	剪切实用计算	45
2.2.3	挤压实用计算	45
2.3	圆轴扭转	49
2.3.1	圆轴扭转的概念与实例	49
2.3.2	扭矩与扭矩图	49
2.3.3	圆轴扭转的应力与强度计算	52
2.3.4	圆轴扭转时的变形与刚度计算	55
2.4	平面弯曲梁	57
2.4.1	平面弯曲的概念与实例	57
2.4.2	平面弯曲的内力——剪力与弯矩	59
2.4.3	平面弯曲梁横截面上的应力及其强度计算	64
2.4.4	梁的弯曲刚度简介	69
2.5	组合变形简介	70
2.5.1	弯曲与拉伸(压缩)组合变形	70
2.5.2	弯曲与扭转组合变形	71
2.6	思考题与习题	71
第3章	机械工程材料基础	77
3.1	金属材料性能	77
3.1.1	金属材料的物理性能	77
3.1.2	金属材料的化学性能	77
3.1.3	金属材料的力学性能	77
3.2	铁碳合金基础知识	80
3.2.1	铁碳合金的组织及性能	80
3.2.2	铁碳合金分类及其室温组织	81
3.2.3	含碳量与铁碳合金组织及力学性能的关系	81
3.3	钢的热处理常识	82
3.3.1	钢的普通热处理	82

3.3.2	钢的表面热处理.....	85
3.4	工业常用钢铁材料.....	86
3.4.1	碳素钢.....	86
3.4.2	合金钢.....	88
3.4.3	铸铁.....	90
3.5	有色金属材料.....	92
3.5.1	铝及铝合金.....	92
3.5.2	铜及铜合金.....	93
3.5.3	滑动轴承合金.....	94
3.6	其他常用工程材料.....	95
3.6.1	工程塑料.....	95
3.6.2	橡胶.....	96
3.6.3	陶瓷.....	96
3.6.4	复合材料.....	96
3.7	思考题与习题.....	97
第4章	机械中常用机构.....	98
4.1	概述.....	98
4.2	平面连杆机构.....	99
4.2.1	平面运动副.....	99
4.2.2	平面连杆机构.....	100
4.3	凸轮机构.....	110
4.3.1	凸轮机构的应用和类型.....	110
4.3.2	平面凸轮的基本尺寸和运动参数.....	112
4.4	间歇运动机构.....	113
4.4.1	棘轮机构.....	113
4.4.2	槽轮机构.....	116
4.5	思考题与习题.....	117
第5章	带传动与链传动.....	119
5.1	带传动的工作原理、类型及特点.....	119
5.1.1	带传动的工作原理.....	119
5.1.2	带传动的类型.....	119
5.1.3	带传动的特点.....	120
5.2	带传动的基本理论.....	120
5.2.1	带传动的受力分析.....	120
5.2.2	带的应力.....	122

5.2.3	弹性滑动与传动比	123
5.3	普通 V 带和 V 带轮	124
5.3.1	V 带的构造和标准	124
5.3.2	普通 V 带轮	126
5.4	带传动的张紧、安装和维护	127
5.4.1	带传动的张紧	127
5.4.2	带传动的安装和维护	128
5.5	链传动简介	129
5.5.1	链传动的工作原理、特点及应用	129
5.5.2	套筒滚子链及链轮	129
5.6	思考题与习题	130
第 6 章	齿轮传动	132
6.1	齿轮传动的类型、特点和应用	132
6.1.1	齿轮传动的分类	132
6.1.2	齿轮传动的特点	133
6.2	渐开线齿轮各部分的名称和几何尺寸	133
6.2.1	渐开线的形成及其性质	133
6.2.2	渐开线齿轮的各部位名称及代号	134
6.2.3	标准渐开线直齿圆柱齿轮基本参数	135
6.2.4	标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	136
6.2.5	公法线长度和分度圆弦齿厚	137
6.2.6	齿轮的测绘	138
6.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	139
6.3.1	渐开线齿廓啮合特性	139
6.3.2	正确啮合条件	140
6.3.3	正确安装及标准中心距	141
6.3.4	连续传动条件	142
6.4	渐开线齿轮的加工原理和根切现象	143
6.4.1	渐开线齿轮的加工方法	143
6.4.2	根切现象及避免根切现象的措施	145
6.5	变位齿轮的概念及应用	146
6.5.1	变位齿轮的概念	146
6.5.2	变位齿轮的特点	147
6.6	斜齿圆柱齿轮传动	147
6.6.1	斜齿圆柱齿轮齿廓曲面的形成及啮合特点	147

6.6.2	斜齿圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸计算	148
6.6.3	斜齿圆柱齿轮的正确啮合条件	150
6.6.4	当量齿轮和当量齿数	150
6.7	圆柱齿轮强度计算	151
6.7.1	齿轮的失效形式和设计准则	151
6.7.2	齿轮的材料及热处理	152
6.7.3	轮齿受力分析及计算载荷的确定	153
6.7.4	齿面接触疲劳强度计算	154
6.7.5	齿根弯曲疲劳强度计算	156
6.8	直齿圆锥齿轮传动	160
6.8.1	圆锥齿轮传动的应用	160
6.8.2	直齿圆锥齿轮的基本参数	161
6.9	蜗杆传动	162
6.9.1	蜗杆传动的类型和特点	163
6.9.2	蜗杆传动的特点及应用	164
6.9.3	圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	164
6.9.4	蜗杆蜗轮转向的判别	167
6.10	思考题与习题	167
第7章	轮系与减速器	170
7.1	概述	170
7.1.1	轮系的分类	170
7.1.2	轮系的功用	171
7.2	定轴轮系传动比的计算	171
7.2.1	转向关系的确定	171
7.2.2	传动比的计算	172
7.3	行星轮系传动比的计算	174
7.3.1	行星轮系的组成	174
7.3.2	行星轮系传动比的计算	175
7.4	混合轮系传动比的计算	177
7.4.1	混合轮系传动比的计算	178
7.4.2	划分基本轮系的方法	178
7.5	减速器简介	179
7.5.1	减速器的基本构造	180
7.5.2	减速器的润滑	180
7.6	思考题与习题	181

第8章 联接	184
8.1 键联接与销联接	184
8.1.1 键联接	184
8.1.2 花键联接	189
8.1.3 销联接	190
8.2 螺纹联接	191
8.2.1 螺纹的形成、类型及主要参数	191
8.2.2 螺纹联接的主要类型	193
8.2.3 螺纹联接的预紧和防松	194
8.3 思考题与习题	196
第9章 轴系零部件	197
9.1 概述	197
9.1.1 轴的分类	197
9.1.2 轴的材料	198
9.2 轴的结构分析	199
9.2.1 轴上零件的周向固定	199
9.2.2 轴上零件的轴向固定	200
9.2.3 拟定轴上零件的布置和装配方案确定轴的结构	201
9.2.4 轴的结构应具有良好的制造和装配工艺性	202
9.2.5 轴的直径和长度	203
9.3 提高轴强度和刚度措施	203
9.3.1 改善轴的受力状况	203
9.3.2 改善轴的结构减小应力集中	204
9.4 滚动轴承	205
9.4.1 滚动轴承的构造、类型和代号	205
9.4.2 滚动轴承的组合设计	209
9.5 滑动轴承	213
9.5.1 滑动轴承的分类和结构	213
9.5.2 轴瓦和轴承衬	215
9.5.3 轴瓦和轴衬的常用材料	216
9.6 联轴器与离合器	216
9.6.1 联轴器	216
9.6.2 离合器	219
9.7 思考题与习题	220
参考文献	222

绪 论

0.1 本课程的性质和内容

本课程是机电类和近机械类专业的一门技术基础课，主要介绍机械中的基本知识和处理问题的基本方法，为学习专业课奠定基础。

本课程的内容包括：

- (1) 工程力学——主要介绍构件的静力分析及承载能力分析；
- (2) 机械工程材料——简要介绍机械工程材料的组织结构、成分、性能及热处理方法，为合理地选择机械工程材料提供理论依据；
- (3) 机械设计——主要介绍机械中常用机构和通用零件的工作原理，运动特性，结构特点和简单的设计方法等。

0.2 本课程基本要求和学习方法

本课程的基本要求：

- (1) 能熟练掌握零部件的受力分析并运用静力学平衡条件求解简单力系的平衡问题，能进行常用构件的承载能力计算。
- (2) 了解常用工程材料种类、牌号、性能、应用和热处理知识。学会合理选用常用金属材料及热处理工艺。
- (3) 熟悉通用零件的工作原理、特点、应用、结构和标准，掌握通用零件的选用，了解通用零件的设计方法。
- (4) 初步具有应用有关标准、手册、图册等技术资料的能力。具备正确分析、使用及维护简单机械的能力。

学习本课程的一般方法：

- (1) 注重对日常生活和生产实际中所遇到的机器、机构、零部件等的观察和分析，做到理论联系实际。

(2) 学习时应从整体出发, 不要片面、孤立地去研究问题。

(3) 本书中设计部分的公式都是直接给出的, 注意公式的使用条件、公式中各量的物理意义及取值范围。

第 1 章 构件的静力分析基础

1.1 力及其基本性质

1.1.1 力

力是物体间相互的机械作用。这种作用有两种效应，一是使物体的运动状态改变，二是使物体的几何形状和尺寸发生改变。前者称为力的外效应，后者称为力的内效应。力对物体的作用效果取决于力的大小、方向、作用点这 3 个要素。

力是矢量。凡是矢量，在图上均可用带箭头的有向线段表示，如图 1-1 所示，线段的长短表示力的大小，箭头指向表示力的方向，箭头的起点或终点为力的作用点。用符号表示力矢量时，应用黑体的斜体大写字母如 F 、 W 、 G 等表示，矢量的模即为力的大小，用一般斜体大写字母 F 、 W 、 G 等表示。



图 1-1 力的表示法

在国际单位制中，力的常用单位是牛 (N) 或千牛 (kN)。

1.1.2 力系

同时作用在物体上的一组力称为力系。对物体作用效果相同的力系称为等效力系。在作用效果相同的前提下，用一简单力系代替前力系的过程称为力系的简化。若一个力与一个力系等效，则该力称为力系的合力，而力系中的各力称为合力的分力。

力系有各种不同的类型。按力系中各力是否作用在同一平面内，可将力系分为平面力系和空间力系。平面力系是基础，所以我们以讨论平面力系为主。平面力系按力作用线位置关系又可分为平面汇交力系、平面平行力系和平面任意力系。在平面力系中，各力的作用线交于一点的称为平面汇交力系（见图 1-2a），各力的作用线相互平行的称为平面平行力系（见图 1-2b），各力的作用线在平面内任意分布的称为平面任意力系（见图 1-2c）。

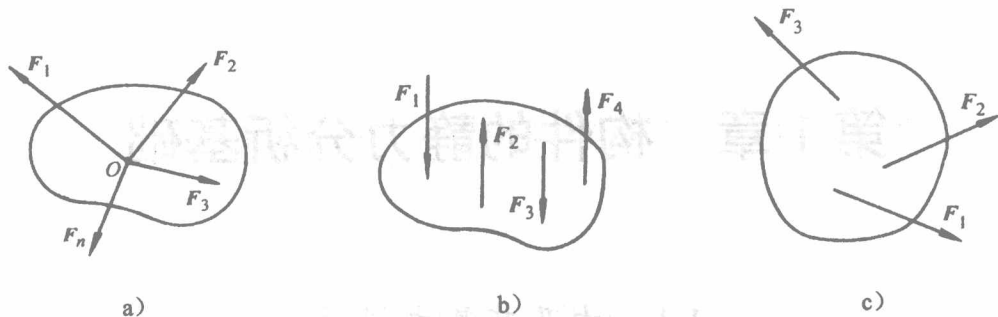


图 1-2 平面力系

工程中常涉及到物体的平衡问题。力学中的平衡是指物体相对于地球保持静止或做匀速直线运动。例如，静止在地面上的厂房、机床的床身、桥梁以及在直线轨道上匀速行驶的列车等，都处于平衡状态。当物体处于平衡状态时，作用于物体上的力系必须满足一定的条件，此条件称为力系的平衡条件，而这个力系就称为平衡力系。

为使问题简化，静力分析中通常将物体视为刚体，即在力的作用下不变形，或可以忽略其变形的物体。

1.1.3 力的基本性质

性质 1 (二力平衡公理) 作用于同一刚体上的两个力，使刚体保持平衡的充分必要条件是：这两个力大小相等，方向相反，且作用在同一直线上，如图 1-3 所示。

此性质只适用于刚体。

在工程中，常把只受两力作用而平衡的构件称为二力构件，或称二力杆。根据性质 1，二力构件所受的两个力必沿两力作用点的连线，且等值、反向，如图 1-4 所示。

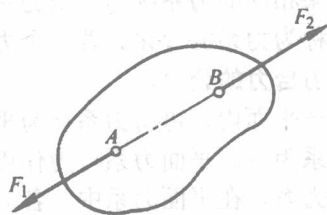


图 1-3 二力平衡公理

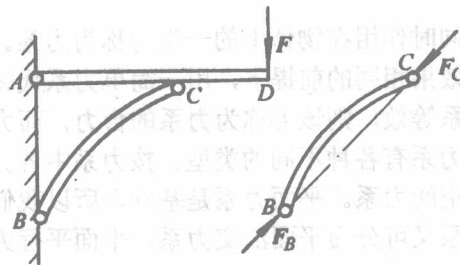


图 1-4 二力杆

性质 2 (加减平衡力系公理) 在刚体上增加或减去一组平衡力系不改变原力系对刚

体的作用效应。

根据此性质可导出力的可传性原理,见图 1-5。即刚体上的力可沿其作用线滑移到任意位置,不改变该力对刚体的作用效应。由此可见,力对刚体的作用效应与力的作用点在作用线上的位置无关,所以对于刚体,力的三要素为:力的大小、方向和作用线。

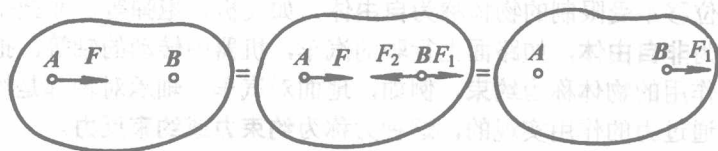


图 1-5 力的可传性原理

性质 2 和力的可传性原理均适用于刚体。

性质 3 (平行四边形公理) 作用在物体上某一点的两个力,可以合成为作用于该点的一个合力,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确定,如图 1-6a 所示。

在求合力时,可不必做出力的平行四边形,只须画出力三角形即可,如图 1-6b 所示。力三角形的作法是:作矢量 AB 代表力 F_1 ,再从 F_1 的终点 B 作矢量 BC 代表 F_2 ,最后从 F_1 的起点 A 向 F_2 的终点 C 作矢量 AC ,即为合力 F_R ,这一合成方法称为力三角形法则。

由两个力合成的力三角形法则可推广到多个力合成的力多边形法则,如图 1-6c 所示。

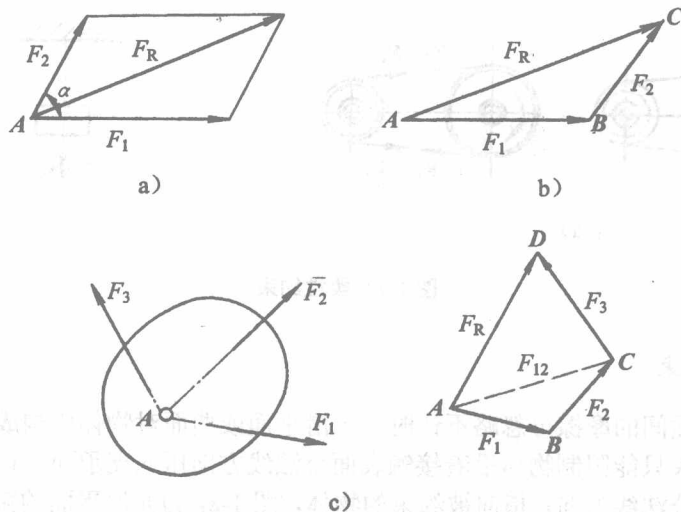


图 1-6 力的合成

性质 4 (作用与反作用公理) 两物体间的作用力与反作用力总是同时存在,且两力大小相等,方向相反,沿同一直线分别作用在这两个物体上。

1.1.4 约束与约束力

我们把空间位移不受限制的物体称为**自由体**,如飞机、炮弹等。而把空间位移受到一定限制的物体称为**非自由体**,如路面上行驶的汽车,机器中转动的轴等。把对非自由体的某些位移起限制作用的物体称为**约束**,例如,地面对汽车、轴承对轴都是约束。约束对物体位移的限制是通过力的作用实现的,这种力称为**约束力**或**约束反力**。

作用在物体上的力可分为两种。

(1) **主动力** 它是使物体产生运动或运动趋势的力,如:物体的重力,刀具作用在工件上的切削力等。

(2) **约束力** 一般情况下,物体所受的主动力往往是给定或测定的,而约束力要由平衡条件求得。

1.1.5 常见的约束类型

1. 柔性约束

由绳索、皮带、链条等非刚性物体所构成的约束称为**柔性约束**。此类约束只能受拉,不能受压,约束力必沿着柔体的中心线背离物体,如图 1-7 所示。

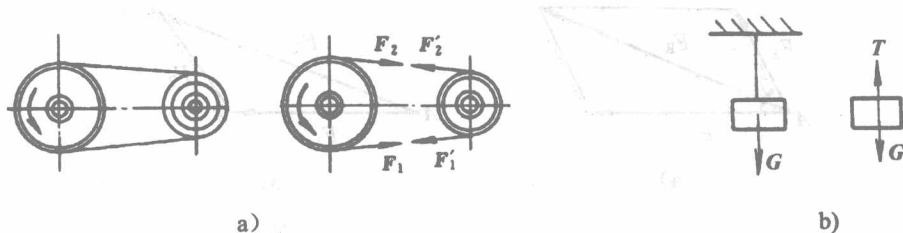


图 1-7 柔性约束

2. 光滑面约束

当物体接触面间的摩擦可忽略不计时,光滑平面或曲面对物体所构成的约束称为**光滑面约束**。这类约束只能限制物体沿着接触表面公法线方向压入支承面,该力必通过接触点沿着接触表面的公法线方向,指向被约束的物体,图 1-8a 为光滑平面约束,1-8b 为光滑曲面约束。

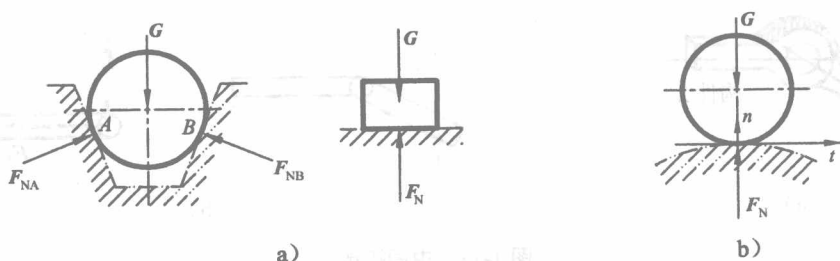


图 1-8 光滑面约束

3. 光滑圆柱铰链约束

两个带有圆孔的物体,用光滑圆柱销相联接而形成的约束称为圆柱铰链约束,如图 1-9 所示。这种约束使物体只能绕销轴做相对转动,被约束物体间的相对移动受到限制。铰链约束从约束特性上看属于光滑面约束,但这种光滑面约束接触点的位置往往难于确定,故约束力的方向也不易确定。因此,通常用通过铰链中心的两个正交分力 F_x 、 F_y 来表示,其分力的方向可以假设,如图 1-10 所示。

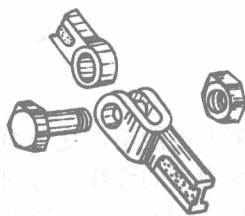


图 1-9 圆柱铰链约束

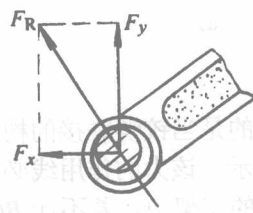


图 1-10 铰链约束受力

光滑圆柱铰链约束有以下几种形式。

(1) 固定铰链支座 当铰链联接的构件中有一构件为固定构件(支座)时构成的约束称为固定铰链支座,如图 1-11a 所示,图 1-11b 是固定铰链支座的力学模型。

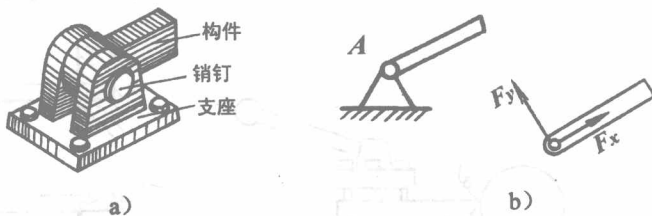


图 1-11 固定铰链支座

(2) 中间铰链 当铰链联接的两构件均为活动构件时构成的约束称为中间铰链,如图 1-12a 所示,图 1-12b 是中间铰链的力学模型。