



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材



机电一体化技术专业

机械设计基础

(第3版)

邵刚 主编

罗蓉 贾玉梅 副主编

束蓓 主审

“淡化理论，够用为度，强化技能，重在实用”的理念贯穿教材始终，突出了实用性和综合性
补充了一定数量的实用性强的新知识、新技术
增加了润滑与密封的内容

主要内容：

物体的受力及其分析

构件的强度和刚度

各种常用机构的工作原理、特点和应用

各种通用零部件的工作原理、特点及设计方法

华信教育资源网上免费提供电子教案



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材·机电一体化技术专业

机械设计基础

(第3版)

邵刚 主编

罗蓉 副主编
贾玉梅

束蓓 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材本着“突出技能，重在实用，淡化理论，够用为度”的指导思想，结合本课程的具体情况和教学实践、工程实践，把“理论力学”，“材料力学”，“机械原理”，“机械零件”四门课程有机地融合在一起。主要包括：物体的受力及其分析；各种常用机构的工作原理、特点和应用；材料力学的基本知识；通用零部件的工作原理、特点以及设计方法。本书共 17 章，每章后均有习题。

本教材可作为高职教育机械制造类，尤其是数控技术专业、机电一体化专业的教学用书，也可作为成人高校教学用书以及工程技术人员参考用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

机械设计基础 / 邵刚主编. —3 版. —北京：电子工业出版社，2013.7
新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材·机电一体化技术专业
ISBN 978-7-121-20846-1

I. ①机… II. ①邵… III. ①机械设计—高等职业教育—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 145354 号

策 划：陈晓明

责任编辑：郭乃明 特约编辑：张晓雪

印 刷：北京丰源印刷厂

装 订：三河市皇庄路通装订厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：17.75 字数：454 千字

印 次：2013 年 7 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：37.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前 言

本教材本着“突出技能，重在实用，淡化理论，够用为度”的指导思想，结合本课程的具体情况和教学实践、工程实践编写而成，可作为两年制高职教育机械制造类，尤其是数控技术专业、机电一体化专业等的教学用书。

本教材的主要特点是把“理论力学”、“材料力学”、“机械原理”、“机械零件”四门课程有机地融合在一起。考虑到高等职业教育的特点，本书以传统内容为主，在保证基本知识和基本理论的前提下，摒弃了烦琐的理论推导和复杂的计算，突出了实用性和综合性，注意对学生基本技能的训练和综合能力的培养。本书根据实际生产中的情况，把机械的平衡与调速删除而增加了润滑与密封内容的篇幅，还单设了减速器一章，此外还增加了与数控机床相关的滚动螺旋传动与同步带的内容。

本书将力学中物体受力、构件变形分析方法和常用机构、通用零部件的设计方法有机地整合。根据高职学校的实际情况，本书力求做到讲清基础知识和理论，注重知识的实用性，理论推导从简，既降低了学生的学习难度，也突出了高职教育的特色。

本教材由合肥通用职业技术学院邵刚主编，三峡大学职业技术学院罗蓉，包头职业技术学院贾玉梅担任副主编。编写分工如下：邵刚编写第7章、第9章、第10章、第11章、第17章，贾玉梅编写第1章、第2章、第5章、第6章，罗蓉编写第8章、第12章、第13章、第14章、第15章，江俊龙编写第16章，合肥通用职业技术学院洪伟编写第3章、第4章。本书由合肥通用职业技术学院教授级高工束蓓担任主审。

本教材在编写过程中，颜世湘、江道银、冯利华、李洪山、胡传松、张荣花等同志也做了大量工作，在此对他们表示衷心的感谢。本书在编写过程中还参考了大量的书籍，在此对作者一并表示感谢。

由于作者水平所限，书中难免存在缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编 者
2013年2月

参加“新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材”

编写的院校名单（排名不分先后）

江西信息应用职业技术学院
吉林电子信息职业技术学院
保定职业技术学院
安徽职业技术学院
黄石高等专科学校
天津职业技术师范学院
湖北汽车工业学院
广州铁路职业技术学院
台州职业技术学院
重庆科技学院
四川工商职业技术学院
吉林交通职业技术学院
天津滨海职业技术学院
杭州职业技术学院
重庆电子工程职业学院
重庆工业职业技术学院
重庆工程职业技术学院
广州大学科技贸易技术学院
湖北孝感职业技术学院
广东轻工职业技术学院
广东技术师范职业技术学院
西安理工大学
天津职业大学
天津大学机械电子学院
九江职业技术学院
北京轻工职业技术学院
黄冈职业技术学院

南京理工大学高等职业技术学院
南京金陵科技学院
无锡职业技术学院
西安科技学院
西安电子科技大学
河北化工医药职业技术学院
石家庄信息工程职业学院
三峡大学职业技术学院
桂林电子科技大学
桂林工学院
南京化工职业技术学院
江西工业职业技术学院
柳州职业技术学院
邢台职业技术学院
苏州经贸职业技术学院
金华职业技术学院
绵阳职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
河北师范大学职业技术学院
常州轻工职业技术学院
常州机电职业技术学院
无锡商业职业技术学院
河北工业职业技术学院
安徽电子信息职业技术学院
合肥通用职业技术学院
安徽职业技术学院
上海电子信息职业技术学院

上海天华学院
浙江工商职业技术学院
深圳信息职业技术学院
河北工业职业技术学院
江西交通职业技术学院
温州职业技术学院
温州大学
湖南铁道职业技术学院
南京工业职业技术学院
浙江水利水电专科学校
吉林工业职业技术学院
上海新侨职业技术学院
江门职业技术学院
广西工业职业技术学院

广州市今明科技公司
无锡工艺职业技术学院
江阴职业技术学院
南通航运职业技术学院
山东电子职业技术学院
潍坊学院
广州轻工高级技工学校
江苏工业学院
长春职业技术学院
广东松山职业技术学院
徐州工业职业技术学院
扬州工业职业技术学院
徐州经贸高等职业学校
海南软件职业技术学院

目 录

第 1 章 物体的受力及其力学分析	(1)
1.1 力的基本概念	(1)
1.1.1 力的概念	(1)
1.1.2 静力学的基本公理	(1)
1.2 工程中常见的约束	(3)
1.2.1 约束与约束反力	(3)
1.2.2 物体的受力分析	(6)
1.3 平面汇交力系	(6)
1.3.1 平面汇交力系的合成	(6)
1.3.2 平面汇交力系平衡方程及其应用	(8)
1.4 力矩和力偶	(9)
1.4.1 力矩	(9)
1.4.2 力偶	(9)
1.4.3 平面力偶系的合成及平衡	(10)
1.4.4 力的平移定理	(11)
1.5 平面一般力系	(11)
1.5.1 平面一般力系的简化	(12)
1.5.2 平面一般力系的平衡方程及其应用	(12)
1.6 摩擦	(14)
1.6.1 滑动摩擦	(14)
1.6.2 摩擦角与自锁现象	(15)
1.6.3 考虑摩擦时构件的平衡问题	(16)
1.7 空间力系	(17)
1.7.1 力在空间直角坐标系的投影	(17)
1.7.2 力对轴之矩	(18)
1.7.3 合力矩定理	(18)
1.7.4 空间力系的平衡方程	(19)
习题 1	(21)
第 2 章 构件的强度和刚度	(24)
2.1 轴向拉伸与压缩	(24)
2.1.1 轴向拉伸与压缩	(24)

2.1.2	截面法、轴力与轴力图	(25)
2.1.3	拉(压)杆横截面上的应力	(26)
2.1.4	拉伸与压缩变形	(27)
2.1.5	材料拉伸与压缩时的力学性能及强度计算	(29)
2.2	剪切与挤压	(32)
2.2.1	工程实例	(32)
2.2.2	实用计算	(33)
2.3	圆轴扭转	(35)
2.3.1	工程实例	(35)
2.3.2	扭矩与扭矩图	(35)
2.3.3	圆轴扭转时横截面上的应力及强度计算	(37)
2.4	直梁的平面弯曲	(39)
2.4.1	基本概念及基本形式	(39)
2.4.2	剪力图和弯矩图	(40)
2.4.3	纯弯曲时横截面上的应力	(44)
2.4.4	截面惯性矩和抗弯截面系数	(46)
2.4.5	梁的正应力强度计算	(46)
2.5	合成弯扭的强度计算	(48)
2.5.1	拉伸、弯曲组合变形的强度计算	(48)
2.5.2	弯曲与扭转组合变形的强度计算	(49)
	习题 2	(51)
第 3 章 平面机构的结构分析		(54)
3.1	机构的组成	(54)
3.1.1	自由度	(54)
3.1.2	运动副及其分类	(54)
3.2	平面机构的运动简图	(55)
3.2.1	运动副及构件的表示法	(55)
3.2.2	机构运动简图的绘制步骤	(56)
3.3	平面机构自由度	(57)
3.3.1	平面机构自由度的计算	(57)
3.3.2	机构具有确定运动的条件	(57)
3.3.3	计算机构自由度的注意事项	(58)
	习题 3	(60)
第 4 章 平面连杆机构		(62)
4.1	铰链四连杆机构的基本类型及其演化	(62)
4.1.1	铰链四连杆机构的基本类型	(62)
4.1.2	平面四杆机构的演化	(63)
4.2	平面四杆机构的特性	(66)

4.2.1	铰链四杆机构曲柄存在的条件	(66)
4.2.2	急回特性	(66)
4.2.3	压力角和传动角	(67)
4.2.4	死点位置	(68)
4.3	图解法设计平面四杆机构	(70)
4.3.1	按给定行程速比系数 K 设计四杆机构	(70)
4.3.2	按给定连杆位置设计四杆机构	(71)
4.3.3	按给定两连杆的对应位置设计四杆机构	(71)
习题 4		(72)
第 5 章	凸轮机构	(74)
5.1	概述	(74)
5.1.1	凸轮机构的应用及特点	(74)
5.1.2	凸轮机构的类型	(75)
5.2	常用从动件运动规律	(76)
5.2.1	凸轮与从动件运动关系	(76)
5.2.2	常用从动件运动规律	(76)
5.3	图解法设计盘形凸轮轮廓	(78)
5.3.1	反转法原理	(79)
5.3.2	图解法	(79)
5.4	凸轮机构基本尺寸的确定	(80)
5.4.1	压力角的确定	(80)
5.4.2	凸轮基圆半径的确定	(81)
5.4.3	滚子半径的确定	(82)
习题 5		(82)
第 6 章	间歇机构	(84)
6.1	棘轮机构	(84)
6.1.1	棘轮机构工作原理	(84)
6.1.2	棘轮机构的类型	(84)
6.1.3	棘轮转角的调节方法	(85)
6.1.4	棘轮机构的特点和应用	(86)
6.2	槽轮机构	(86)
6.2.1	槽轮机构的组成及工作原理	(86)
6.2.2	槽轮机构的类型、特点及应用	(87)
6.3	不完全齿轮机构简介	(87)
6.3.1	不完全齿轮机构工作原理和类型	(87)
6.3.2	不完全齿轮机构的特点和应用	(88)
习题 6		(88)

第 7 章 螺纹连接和螺纹的传动	(89)
7.1 螺纹连接的基础知识	(89)
7.1.1 螺纹的形成和类型	(89)
7.1.2 螺纹的主要参数	(90)
7.1.3 常用螺纹的特点及应用	(91)
7.1.4 螺纹副的受力、效率和自锁分析	(92)
7.1.5 螺纹连接的基本类型	(93)
7.1.6 常用螺纹连接件	(95)
7.2 螺纹连接的预紧与防松	(96)
7.2.1 螺纹连接的预紧	(96)
7.2.2 螺纹连接的防松	(97)
7.3 螺栓连接的强度计算	(98)
7.3.1 普通螺栓的强度计算	(98)
7.3.2 铰制孔螺栓连接的强度计算	(100)
7.3.3 螺栓组连接的结构设计和受力分析	(101)
7.4 螺纹连接的材料和许用应力	(102)
7.4.1 螺纹连接件的材料	(102)
7.4.2 螺纹连接的许用应力	(103)
7.5 螺旋传动	(104)
7.5.1 螺旋传动的类型及应用	(104)
7.5.2 滑动螺旋传动	(105)
7.5.3 滚动螺旋传动	(105)
习题 7	(108)
第 8 章 机械的润滑与密封	(110)
8.1 润滑剂及其选用	(110)
8.1.1 润滑油及其选用	(110)
8.1.2 润滑脂(半固体润滑剂)	(111)
8.1.3 固体润滑剂	(112)
8.2 密封装置	(113)
8.2.1 密封装置的类型	(113)
8.2.2 密封装置的选择	(117)
习题 8	(117)
第 9 章 带传动和链传动	(118)
9.1 带传动概述	(118)
9.1.1 带传动的类型、特点和应用	(118)
9.1.2 V 带和带轮	(120)
9.1.3 带传动的张紧、安装与维护	(125)

9.2	带传动的设计	(127)
9.2.1	带传动的工作情况分析	(127)
9.2.2	带传动的设计	(129)
9.3	同步带传动	(140)
9.3.1	同步带传动的特点	(140)
9.3.2	同步带的参数、形式、尺寸和标记	(140)
9.4	链传动	(141)
9.4.1	链传动的组成、特点及应用	(141)
9.4.2	滚子链	(142)
9.4.3	链轮	(143)
9.4.4	链传动的失效形式及计算准则	(143)
9.4.5	链传动的布置和张紧	(144)
9.4.6	链传动的润滑	(145)
	习题 9	(146)
第 10 章	齿轮传动	(147)
10.1	齿轮传动的特点和基本类型	(147)
10.2	渐开线性质及渐开线齿廓啮合特性	(148)
10.2.1	渐开线的形成	(148)
10.2.2	渐开线的性质	(149)
10.2.3	渐开线齿廓的啮合特点	(149)
10.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	(150)
10.3.1	基本参数	(150)
10.3.2	标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸	(151)
10.4	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(152)
10.5	渐开线齿轮的加工与齿廓的根切	(153)
10.5.1	渐开线齿轮的加工方法	(153)
10.5.2	根切现象与最小齿数	(155)
10.6	齿轮的失效形式与材料选择	(155)
10.6.1	常见的失效形式	(155)
10.6.2	设计准则	(157)
10.6.3	常用材料	(157)
10.7	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(158)
10.7.1	轮齿的受力和计算载荷	(158)
10.7.2	齿面接触疲劳强度计算	(159)
10.7.3	齿根弯曲疲劳强度计算	(162)
10.8	斜齿圆柱齿轮传动	(164)
10.8.1	啮合特点	(164)
10.8.2	基本参数及几何尺寸计算	(164)

10.8.3	正确啮合条件和重合度	(166)
10.8.4	斜齿圆柱齿轮的当量齿数	(167)
10.8.5	斜齿圆柱齿轮的强度计算	(167)
10.9	直齿圆锥齿轮传动	(169)
10.9.1	圆锥齿轮传动概述	(169)
10.9.2	几何尺寸计算	(169)
10.10	齿轮的结构设计	(171)
10.11	标准齿轮传动的设计计算	(172)
10.12	齿轮传动的润滑	(177)
习题 10	.....	(178)
第 11 章	蜗杆传动	(180)
11.1	概述	(180)
11.1.1	蜗杆传动的特点和类型	(180)
11.1.2	蜗杆的主要参数和几何尺寸计算	(180)
11.2	蜗杆传动的失效形式、材料和结构	(182)
11.3	蜗杆传动的效率及热平衡	(185)
11.4	蜗杆传动的润滑	(186)
习题 11	.....	(187)
第 12 章	轮系	(188)
12.1	定轴轮系传动比的计算	(188)
12.2	周转轮系	(191)
12.3	轮系的应用	(191)
12.4	其他新型齿轮传动简介	(194)
习题 12	.....	(195)
第 13 章	减速器	(196)
13.1	减速器箱体	(196)
13.2	常用减速器的类型、特点及应用	(198)
13.3	减速器附属零件	(199)
习题 13	.....	(200)
第 14 章	轴和轴毂连接	(201)
14.1	轴的分类和材料	(201)
14.1.1	轴的分类	(201)
14.1.2	轴的材料及选择	(202)
14.2	轴的结构设计	(203)
14.2.1	轴径的初步确定	(204)
14.2.2	轴结构设计的基本要求	(205)

14.3	轴的强度计算	(209)
14.4	轴的刚度计算简介	(214)
14.5	轴毂连接	(215)
14.5.1	键连接的类型和特点	(215)
14.5.2	销连接	(220)
14.5.3	成形连接	(221)
14.5.4	过盈配合连接	(221)
	习题 14	(221)
第 15 章	轴承	(223)
15.1	概述	(223)
15.2	滑动轴承	(223)
15.2.1	滑动轴承的结构	(223)
15.2.2	滑动轴承的材料	(226)
15.2.3	滑动轴承的润滑	(227)
15.3	滚动轴承	(228)
15.3.1	概述	(228)
15.3.2	滚动轴承的代号	(231)
15.3.3	滚动轴承的选用	(233)
15.3.4	滚动轴承的设计计算	(234)
15.3.5	滚动轴承的寿命计算	(235)
15.3.6	滚动轴承的静强度计算	(241)
15.4	滚动轴承的组合设计	(241)
15.4.1	轴承的周向固定和配合	(241)
15.4.2	轴承的轴向固定	(242)
15.4.3	轴承组合位置的调整	(244)
15.4.4	滚动轴承的预紧	(245)
15.4.5	支承部位的刚度和同轴度	(245)
15.4.6	滚动轴承的安装与拆卸	(246)
15.5	滚动轴承的润滑	(248)
15.5.1	润滑剂的选择	(248)
15.5.2	润滑方式	(249)
15.6	滚动轴承的密封装置	(250)
15.7	滑动轴承和滚动轴承的性能对比	(251)
	习题 15	(251)
第 16 章	联轴器和离合器	(253)
16.1	联轴器	(253)
16.1.1	联轴器的类型	(253)
16.1.2	常用联轴器的结构和特性	(253)

16.1.3	联轴器的选择	(256)
16.2	离合器	(257)
16.2.1	离合器的类型	(257)
16.2.2	常用离合器的结构和特性	(257)
16.3	制动器简介	(260)
16.3.1	制动器的分类	(261)
16.3.2	常用制动器	(262)
16.3.3	制动器的选择原则	(263)
习题 16	.....	(263)
第 17 章	机械的平衡与调速	(264)
17.1	机械平衡的目的与分类	(264)
17.1.1	机械平衡的目的	(264)
17.1.2	机械平衡的分类	(264)
17.2	回转件的静平衡	(265)
17.3	回转件的动平衡	(266)
17.3.1	回转件的动平衡计算	(266)
17.3.2	回转件的动平衡试验	(268)
17.4	机械速度波动的调节	(268)
17.4.1	周期性速度波动的调节	(268)
17.4.2	非周期性速度波动	(268)
习题 17	.....	(269)

第 1 章 物体的受力及其力学分析

1.1 力的基本概念

1.1.1 力的概念

1. 力的定义

力是物体间的相互机械作用。力的作用效应使物体运动状态发生变化或引起物体变形。例如，推车，抛物，由于力的作用，车、物的运动状态发生了变化；锻锤冲击锻件使锻件改变了形状等。力使物体的运动状态发生了变化的效应称为力的外效应；力使物体发生了变形的效应称为力的内效应。

2. 力的三要素

力对物体的作用效果，决定于三要素：即力的大小、力的方向、力的作用点。三个要素中任何一个要素的改变，都会使力的作用效果改变。

力是一个具有大小和方向的量，所以力是矢量。这个矢量用一个带箭头的有向线段表示，线段的长度按一定的比例，表示力的大小；线段箭头的指向表示力的方向；线段的始点 A 或终点 B 表示力的作用点，如图 1.1 所示。

3. 力的单位

力的单位用国际单位制， N （牛）或 kN （千牛）表示。

4. 平衡

所谓平衡是指物体相对于地球处于静止或匀速直线运动。平衡是相对的，又是有条件的。

力系使物体处于平衡状态，该力系称为平衡力系。力系平衡所满足的条件称为力系的平衡条件。

5. 刚体的概念

在外力作用下形状和大小保持不变的物体称为刚体。实际上，任何物体受到外力作用下都将发生变形，但微小变形对研究结果不产生显著影响，可以略去不计，静力学中研究的物体均视为刚体。

1.1.2 静力学的基本公理

经长期经验积累与总结，又经大量实践验证是符合客观实际的普遍规律，称为静力学

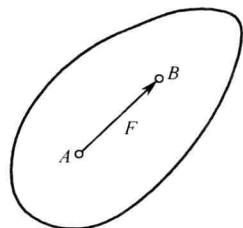


图 1.1 力

的基本公理。这些公理是研究力系简化和平衡的主要依据。

1. 公理 1 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力，可合成为一作用于该点的合力，其大小和方向是这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线。

如图 1.2 (a) 所示， \vec{F}_R 是 \vec{F}_1 、 \vec{F}_2 的合力，则有

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

即合力等于两分力的矢量和。

为了简便，在运用作图法求合力时，只须画出力平行四边形的一半即可，这称为力的三角形法则。如图 1.2 (b)、(c) 所示。

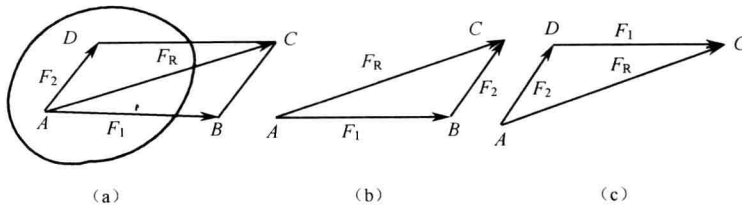


图 1.2 力的平行四边形法则、三角形法则

2. 公理 2 二力平衡公理

刚体在两个力作用下保持平衡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。

如图 1.3 所示的拉杆（或压杆）同时受到等值、反向、共线的两个力 F_A 和 F_B 作用，显然，该刚体是平衡的。

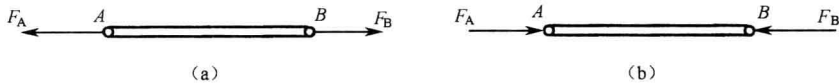


图 1.3 二力平衡

必须指出，本公理只适用于刚体。对于变形体，这个条件是不充分的。例如，一根绳索的两端受到等值、反向、共线的两拉力作用能平衡，若是压力则不能平衡。

在结构中凡只受二力作用，而处于平衡状态的构件，称为二力构件。

3. 公理 3 加减平衡力系公理

在已知刚体上加上或减去一个平衡力系，不改变原力系对刚体的作用效应。根据上述三个公理，可以推导出下面两个推论。

4. 推论 1 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效应。

如图 1.4 所示，在 A 点的作用力 F 和在 B 点的作用力 F 对小车的效果相同。

5. 推论 2 三力平衡定理

刚体在共面而又互不平行的三个力作用下若平衡，则此三个力的作用线必汇交于一点，如图 1.5 所示。

6. 公理 4 作用力与反作用力公理

两物体间的作用力与反作用力，总是等值、反向、共线，而且同时作用在两个物体上。

公理 4 概括了两个物体间的相互作用力间的关系，指出力是成对出现的，有作用力就有反作用力。例如，图 1.6 中，如物体 A 对物体 B 施作用力 F ，同时物体 A 也受到物体 B 对它的反作用力 F' ，且这两个力大小相等，方向相反，沿同一直线作用。

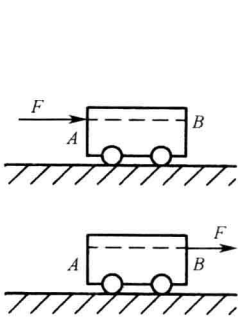


图 1.4 力的可传性

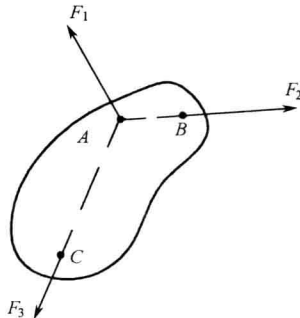


图 1.5 三力平衡

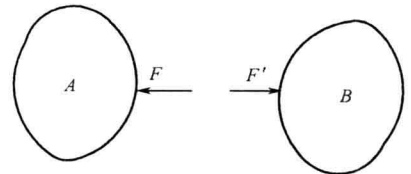


图 1.6 作用力与反作用力

1.2 工程中常见的约束

1.2.1 约束与约束反力

物体受的力可以分为主动力和约束反力，能够使物体产生运动，或运动趋势的力，称为主动力。主动力通常都是已知的。

一个物体的运动受到周围物体限制或阻碍时，这种限制就称为约束。例如，火车受铁轨的限制，只能沿轨道运行；房梁受立柱的限制，使它在空间得到稳定的平衡。

约束对物体的运动起到限制作用的力，称为约束反力。约束反力的方向总是和该约束所能阻碍的运动方向相反。约束反力的作用点就是物体上与作为约束的物体相接触的点。约束反力是未知力，它的确定与约束类型及主动力有关，需要利用平衡条件确定。现将工程上常见的几种约束类型分述如下。

1. 柔性约束

由柔绳、链条、皮带等柔性物形成的对被约束物体约束称为柔性约束。柔性体本身只能承受拉力，因此柔性约束反力作用在接触点，方向沿柔索而背离被约束物体，用符号 F_T 表示。

例如，图 1.7 (a) 所示，重物用钢绳悬挂在固定架上；如图 1.7 (b) 所示的带传动，重物和皮带轮受到钢绳和皮带的拉力均属于此类约束反力。