

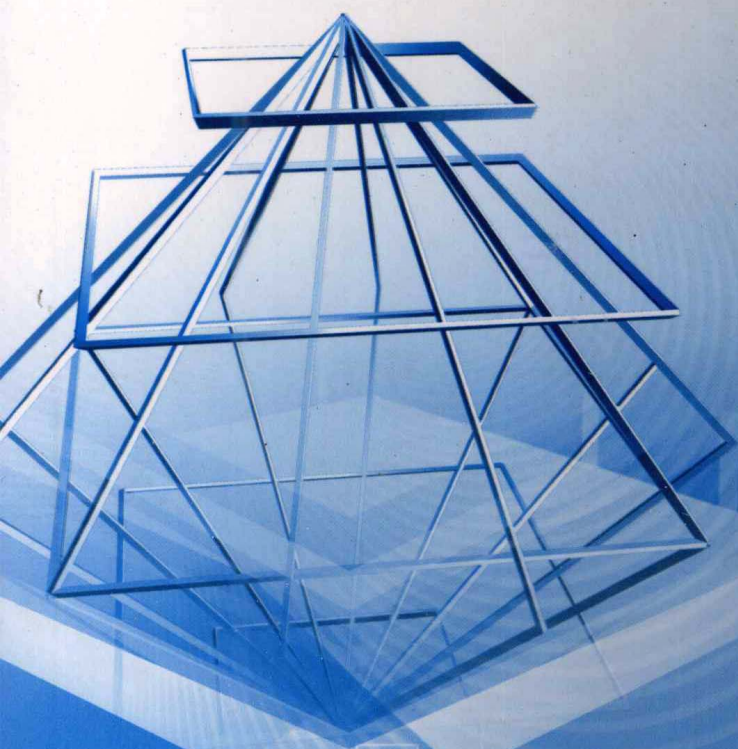


中等职业学校机电类专业规划教材
根据教育部最新教学指导方案编写

机械基础

JIXIE JICHU

主 编 胥 宏
副主编 宋 鸣 顾 铭



电子科技大学出版社



000001000 1000 101 10101 101010100 0 101 0111 101 0

000001000 1000 101 101

中等职业学校机电类专业规划教材

机械基础

主 编 胥 宏

副主编 宋 鸣 顾 铭

电子科技大学出版社

内 容 提 要

本书是为了适应中等职业教育的培养目标和教育特点,遵循“以必须、够用为度”和“强化应用、培养技能”的原则,突出中职教育特色而编写的。

本书共分7章,内容包括:构件的静力分析、杆件的基本变形、机械工程材料、常用机构、机械传动、支承与连接零部件和液压传动系统。每章前面有学习目标,后面有本章小结,并附有大量的练习题供读者练习。

本书适用于机械、机电类等应用技术类专业的学生使用,也可作为相关行业人员的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/胥宏主编. —成都:电子科技大学出版社,
2007.4

ISBN 978-7-81114-410-9

I. 机... II. 胥... III. 机械学 IV. TH11

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第023312号

机 械 基 础

主 编 胥 宏

副主编 宋 鸣 顾 铭

出 版:电子科技大学出版社(成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编:610051)

责任编辑:张 鹏

发 行:新华书店经销

印 刷:四川墨池印务有限公司

成品尺寸:185mm×260mm 印张15.875 字数387千字

版 次:2007年4月第一版

印 次:2007年4月第一次印刷

书 号:ISBN 978-7-81114-410-9

定 价:22.00元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话:(028)83202323, 83256027

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

◆ 课件下载在我社主页 www.uestcp.com.cn “下载专区” 电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

前 言

本书是为适应中等职业学校机械类、近机类专业机械基础教学（80~110 学时）的需要，根据教育部审定的《中等职业学校机械基础教学大纲（试行）》的相关要求编写的。

本书在内容的选定上，突出了与工程实践相联系的比较多、比较紧密的内容，全书以机械设计为主线安排内容次序。在编写中以学习基本知识和能力培养为目标，吸取了现行教材之所长和编者多年的教学经验。在叙述方面，深入浅出，注重概念引入的工程背景及分析和解决问题的思路和方法。本书按学科的发展更新了有关内容，如工程材料、带传动、链传动、齿轮传动和滚动轴承等都采用了新的国家标准。

本书还以教学适用为目标，安排了较多的例题，精选了各种类型的思考题与习题，难易安排适当。习题均附有答案，既适合课堂教学又便于自学。

本书共分为 7 章。由胥宏编写绪论、第 1、2 章，顾铭编写第 4、5、6 章，宋鸣编写第 3、7 章。全书由胥宏担任主编。

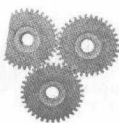
由于编者水平有限，错漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2007 年 4 月

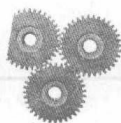
目 录

绪论	1
第1章 构件的静力分析	4
1.1 静力学基本概念及静力学公理	4
1.1.1 力的概念	4
1.1.2 刚体的概念	5
1.1.3 平衡的概念	5
1.1.4 静力学公理	6
1.2 约束与受力图	8
1.2.1 几种常见的约束	9
1.2.2 受力分析与受力图	11
1.3 平面汇交力系	14
1.3.1 平面汇交力系合成的几何法	14
1.3.2 平面汇交力系合成的解析法	15
1.3.3 平面汇交力系的平衡条件	16
1.4 力矩和力偶	18
1.4.1 力对点之矩	18
1.4.2 合力矩定理	19
1.4.3 力偶的概念	19
1.4.4 力偶矩	20
1.4.5 力偶的性质	20
1.4.6 平面力偶系的合成	21
1.4.7 平面力偶系的平衡	21
1.5 平面任意力系	22
1.5.1 力线平移定理	23
1.5.2 平面任意力系向一点的简化	24
1.5.3 平面任意力系的平衡条件与平衡方程	26
1.5.4 平面平行力系的平衡	27
1.5.5 平面任意力系平衡方程的应用	30
1.5.6 物体系统的平衡	32
【本章小结】	35
【习题】	36



第2章 杆件的基本变形	41
2.1 材料力学的基本概念	41
2.2 拉伸与压缩	43
2.2.1 轴向拉伸与压缩基本变形及相关概念	43
2.2.2 轴向拉伸与压缩的应力分析	46
2.2.3 轴向拉伸与压缩时的强度计算	48
2.2.4 拉伸与压缩时的变形	51
2.2.5 静载荷作用下材料的力学性能	53
2.3 剪切和挤压	56
2.3.1 剪切的实用计算	57
2.3.2 挤压的实用计算	58
2.4 圆轴的扭转	61
2.4.1 外力偶的计算	61
2.4.2 扭矩与扭矩图	61
2.4.3 圆轴扭转时的应力分析	63
2.5 直梁的弯曲	66
2.5.1 平面弯曲的基本概念及梁的类型	66
2.5.2 梁弯曲时的内力和内力图	67
2.5.3 梁的弯曲正应力	72
2.5.4 等截面梁的强度计算	74
2.5.5 提高弯曲强度的主要措施	75
【本章小结】	76
【习题】	77
第3章 机械工程材料	82
3.1 金属材料的力学性能	82
3.1.1 强度与塑性	83
3.1.2 硬度	83
3.1.3 冲击吸收功和冲击韧性	84
3.1.4 金属的疲劳强度	84
3.2 钢铁材料	85
3.2.1 碳素钢	85
3.2.2 合金钢	87
3.2.3 铸铁	89
3.3 钢的热处理	90
3.3.1 金属及合金的晶体结构	90
3.3.2 铁碳合金的基础知识	93
3.3.3 钢的热处理基本原理	95

3.3.4 钢的热处理工艺	98
3.3.5 钢的表面热处理	99
3.4 有色金属材料	100
3.4.1 铜及铜合金	100
3.4.2 铝及铝合金	101
3.5 非金属材料	102
3.5.1 工程塑料	102
3.5.2 橡胶	102
3.5.3 陶瓷	103
3.5.4 复合材料	103
【本章小结】	104
【习题】	104
第4章 常用机构	106
4.1 机构和机构运动简图	106
4.1.1 机构的组成	106
4.1.2 机构运动简图	108
4.2 平面连杆机构	108
4.2.1 铰链四杆机构的基本形式	108
4.2.2 平面四杆机构的其他形式	111
4.2.3 平面四杆机构的基本特性	114
4.3 凸轮机构	117
4.3.1 凸轮机构的分类	118
4.3.2 从动件的常用运动规律	120
4.3.3 盘形凸轮轮廓曲线的设计	123
4.4 间歇运动机构	125
4.4.1 棘轮机构	125
4.4.2 槽轮机构	126
【本章小结】	127
【习题】	128
第5章 机械传动	131
5.1 带传动	131
5.1.1 带传动的主要类型及工作原理	132
5.1.2 摩擦型带传动的主要特点和应用	133
5.1.3 带传动的受力分析	133
5.1.4 带传动的弹性滑动与传动比	135
5.1.5 V带与V带轮	136



5.1.6 普通 V 带传动的设计计算简介	140
5.1.7 带传动的张紧和维护	143
5.2 齿轮传动	144
5.2.1 齿轮传动的类型及特点	144
5.2.2 渐开线齿廓	146
5.2.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸	148
5.2.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	151
5.2.5 渐开线齿轮的加工方法	154
5.2.6 平行轴标准斜齿圆柱齿轮传动	157
5.2.7 直齿圆锥齿轮传动	160
5.2.8 齿轮的材料与齿轮的失效形式	162
5.2.9 齿轮的结构及齿轮传动的润滑	164
5.3 蜗杆传动	166
5.3.1 蜗杆传动的类型和特点	166
5.3.2 圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	167
5.3.3 蜗杆传动的失效形式和常用材料	171
5.3.4 蜗轮回转方向的判定	171
5.4 齿轮系	172
5.4.1 齿轮系的功用和分类	172
5.4.2 定轴齿轮系传动比的计算	173
5.4.3 行星齿轮系传动比的计算	176
【本章小结】	178
【习题】	179
第 6 章 支承与连接零部件	183
6.1 轴	183
6.1.1 轴的分类和轴的材料	184
6.1.2 轴的失效形式与设计准则	185
6.1.3 轴的结构设计	187
6.2 轴承	190
6.2.1 滚动轴承的结构、特点和类型	191
6.2.2 滚动轴承的代号及类型选择	193
6.2.3 滚动轴承的组合设计	196
6.3 轴毂连接	199
6.3.1 键连接的类型	199
6.3.2 键的选用	201
6.3.3 花键的类型、特点和应用	202
6.4 螺纹连接	202

6.4.1 螺纹的类型、特点和应用	202
6.4.2 螺纹连接的基本类型	204
6.4.3 标准螺纹连接件	206
6.4.4 螺纹的预紧与防松	207
6.5 联轴器和离合器	209
6.5.1 联轴器	209
6.5.2 离合器	212
【本章小结】	213
【习题】	213
第7章 液压传动系统	215
7.1 液压传动概述	215
7.1.1 液压传动的工作原理	215
7.1.2 液压传动系统的组成	216
7.1.3 液压传动的特点	216
7.1.4 液压系统的图形符号	217
7.2 液压传动的基础知识	217
7.2.1 液压油的特性及选用	217
7.2.2 液压传动的两个重要参数	218
7.3 液压元件	220
7.3.1 液压泵	220
7.3.2 液压缸	223
7.3.3 液压控制阀	226
7.3.4 液压辅件	232
7.4 液压基本回路	234
7.4.1 方向控制回路	234
7.4.2 压力控制回路	234
7.4.3 速度控制回路	236
7.4.4 多缸动作回路	237
7.5 液压系统实例	238
【本章小结】	239
【习题】	240
参考文献	243

绪 论

【学习目标】

1. 掌握机器的组成及特征。
2. 掌握零件、构件、部件、机构、机器、机械等的基本概念。
3. 了解本课程的性质、内容和任务。

机械是人类在长期的生产实践中创造出来的技术装置，在现代生产和日常生活中，机械都起着非常重要的作用。回顾机械发展的历史，从杠杆、斜面、滑轮到汽车、内燃机、缝纫机、洗衣机以及机器人等，都说明了机械的进步，也标志着生产力不断向前发展。因此，机器的发展水平是衡量一个国家现代化程度的重要标志之一。现代工程技术人员必须学习和掌握一定的机械基础知识。

一、机器的组成及其特征

1. 机器的组成

任何机器都是为实现某种功能而设计和制造的。如图 1 所示是人们熟悉的自行车简图，当人蹬链轮 1 逆时针转动时，带动链条 2 传动，由链条 2 带动飞轮 3 转动，飞轮内的棘轮棘爪机构驱动后轮 4 转动，从而带动自行车向前运动。

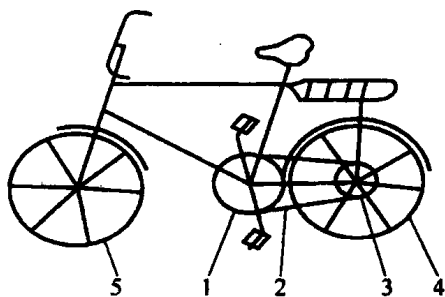
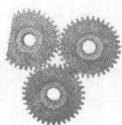


图 1 自行车简图

1—链轮；2—链条；3—飞轮；4—后轮；5—前轮

如图 2 所示为颚式破碎机，其主体是由机架 1、偏心轴 2、动颚 3、肘板 4、带轮 5 和定颚 6 组成。偏心轴与带轮 5 连接，当电动机通过 V 型带驱动带轮运转时，偏心轴则绕轴 A 转动，使动颚做平面运动，轧碎动颚 3 与定颚 6 之间的矿石。

就功能而言，一台机器不管其内部结构如何，一般由四个部分组成：动力系统、传动系统、执行系统和操纵、控制系统。机器通常具有下列特征：都是人为的实体组合；各实体间



具有确定的相对运动；可实现能量的转化，完成有用的机械功。

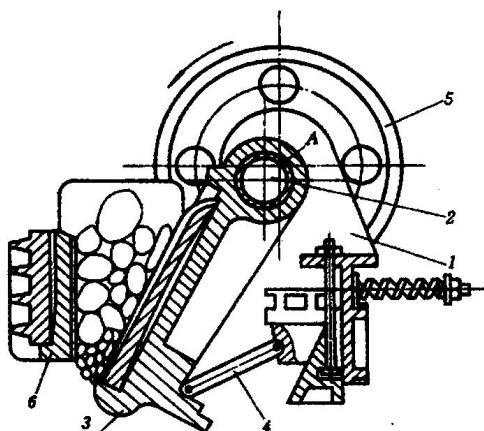


图2 颚式破碎机

1—机架；2—偏心轴；3—动颚；4—肘板；5—带轮；6—定颚

机构也是人为的实体组合，其实体间具有确定的相对运动，但它不能够转化能量或减轻人类的劳动强度。常见的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构等，它们只能完成运动和动力的传递。如图3所示为单缸内燃机，是由曲轴1、连杆2、活塞3、气缸体4组成连杆机构；顶杆5、凸轮6组成凸轮机构；齿轮7与8组成齿轮机构。其基本功能是使燃气在缸内经过进气——压缩——爆发——排气的循环过程，将燃气的热能不断地转换为机械能，从而将活塞的往复运动转换为曲轴的连续转动。而进、排气阀的启闭则是通过齿轮、凸轮、顶杆、弹簧等各实物组合成一体，并协同运动来实现的。

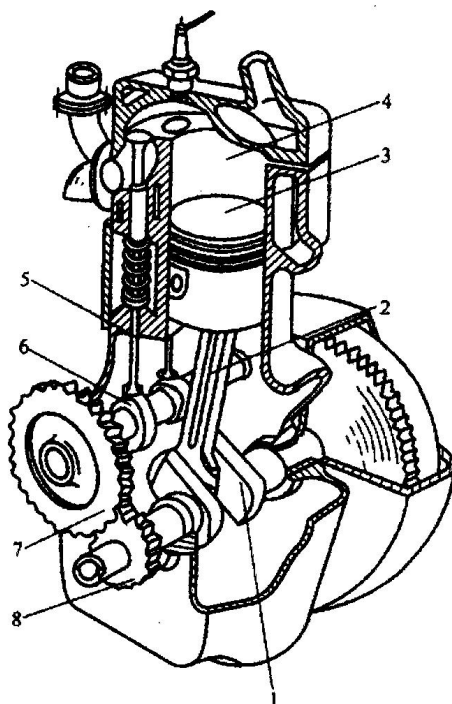


图3 单缸内燃机

1—曲轴；2—连杆；3—活塞；4—气缸体；5—顶杆；6—凸轮；7、8—齿轮

2. 基本概念

要研究机械，首先要了解几个基本概念。

(1) 零件 机械制造的最小单元。如齿轮、螺钉、弹簧等。机械中的零件分为两类：通用零件和专用零件。通用零件是指在各类机器中经常用到的尺寸一般、使用频率高、普通工作环境下的零件，如螺栓、轴、齿轮等；专用零件只出现在某些机械中，如曲轴、活塞、叶轮等。

(2) 构件 机械运动的最小单元，它由一个或一个以上的零件组成。如图4所示的连杆就是由连杆体1、连杆盖2、轴瓦3~5、螺栓6、螺母、开口销等组成的运动构件。

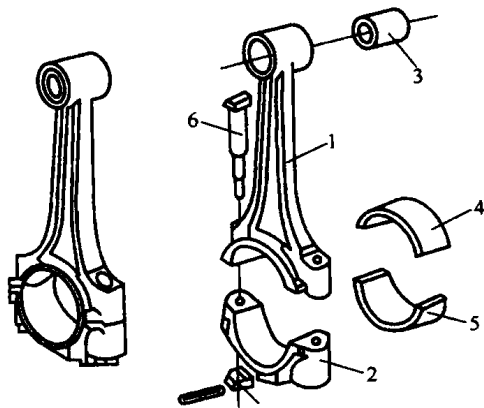


图4 连杆简图

1—连杆体；2—连杆盖；3~5—轴瓦；6—螺栓

(3) 部件 装配的最小单元，如减速器、离合器、滚动轴承等。

(4) 机械 若撇开机器在做功和转换能量方面所起的作用，仅从结构和运动的观点来看，则机器与机构之间并无区别，因此，“机械”是机器和机构的总称。

二、本课程的性质、内容和任务

本课程是中等职业学校工程技术类相关专业的一门综合性技术基础课程。

本课程的任务是：培养学生掌握机械技术的基本知识、基本理论和基本技能，初步具有使用和维护一般机械的能力，为解决生产中的实际问题及学习新的技术知识打下良好的基础。

本课程的主要内容如下：

(1) 工程力学 主要介绍物体的受力分析与平衡条件；构件在外力作用下的失效规律及承载能力的计算方法。

(2) 机械工程材料 主要介绍非合金钢、合金钢、铸铁；有色金属的分类、牌号、性能及用途，钢的常用热处理方法；常用非金属材料的性能和用途。

(3) 机械传动 主要介绍常用机械传动的工作原理、特点、结构、标准、选用及维护方法。

(4) 液压传动 主要介绍液压传动的工作原理、常见液压元件的结构及液压基本回路的组成、特点及应用。

第 1 章 构件的静力分析

【学习目标】

1. 掌握力、力矩、力偶的定义和性质。
2. 了解常见的平面力系约束类型及约束反力，掌握受力图的正确画法。
3. 理解平面力系简化的方法及意义。
4. 了解平面任意力系的平衡方程的不同表达形式及特殊力系的平衡方程。
5. 熟练应用平衡条件求解单个物体和物体系统的平衡问题。

1.1 静力学基本概念及静力学公理

静力学是研究物体在力的作用下处于平衡的普遍规律的一门科学，它主要研究物体处于平衡时作用于物体上的力所应满足的条件。静力学中所涉及的研究对象都是刚体。

1.1.1 力的概念

人们从长期的生产实践中，由感性认识提升到理性认识，总结出了力的科学概念：**力是物体间相互的机械作用，这种作用使物体的运动状态和形状发生改变**。前一种改变称为力对物体的外效应，后一种改变称为力对物体的内效应。在实际工程中，研究力对物体的作用效应可根据研究内容有所侧重，静力学主要研究力的外效应，材料力学主要研究力的内效应。如图 1-1 所示，圆盘带动连杆 AB 传递力给冲头，使冲头的运动状态发生改变。

经验表明，力对物体的作用效应（含内效应和外效应）取决于力的大小、方向和作用点这三要素。

如图 1-2 所示，可以用一个带箭头的有向线段来表示力矢量。力的大小表示机械作用的强弱，可以根据力的效应大小来测定。力的国际单位为牛[顿]（N）或千牛[顿]（kN）。

力的方向表示力的作用方位和指向。

力的作用点表示力的作用位置。两个物体直接接触时，力的作用位置分布在一定的面积上，只有当接触面积相对较小时，才能抽象地将其看作集中于一点，这样的力称为集中力，不能抽象地看作集中力的力称为分布力。这种分布力在刚体中常用与其等效的集中力来替代和简化。通过力的作用点并沿力的作用方位的直线，称为力的作用线。

作用于同一物体上的一群力称为一个力系。

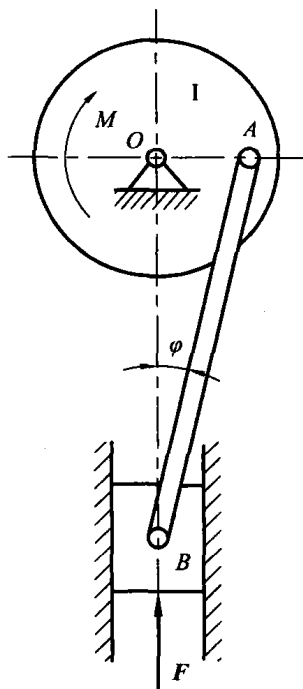


图 1-1 曲柄滑块机构

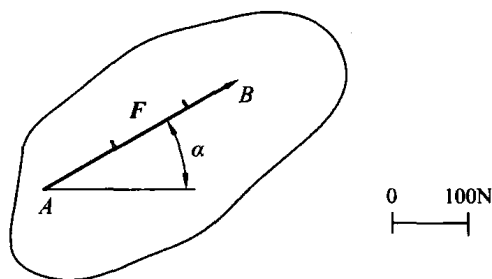


图 1-2 力矢量

1.1.2 刚体的概念

刚体是指受力后不产生变形的物体。刚体是对实际受力物体的力学抽象。自然界中任何物体受力后都要或多或少发生变形，如果物体变形较小，对研究力的外效应影响很小时就可以略去不计，使问题得到简化。如图 1-3 所示的横梁，在力 F 的作用下其挠度 δ 仅为梁长度 l 的千分之几。在考察横梁平衡时可以略去因挠度引起的梁长度的微小变化，仍用梁原来的长度进行计算，不致引起显著的误差，这样使计算分析大为简化，又能满足工程精度要求。

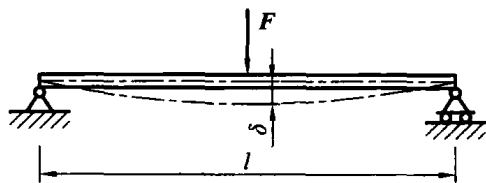


图 1-3 横梁受力变形

静力学以刚体为研究对象。应当注意，刚体模型仅适用于小变形问题，不适用于大挠度、大应变和与变形有关的问题。

1.1.3 平衡的概念

平衡是机械运动的一种特殊形式，在工程上物体相对于地球处于静止或做匀速直线运动的状态称为平衡。必须注意的是，运动是绝对的，而平衡、静止是相对的。如果作用于物体上的力系满足一定条件时，物体可以处于平衡状态，一旦受力条件发生变化，平衡就会被打破，物体就由平衡状态转化为不平衡状态。

如果物体在力系作用下处于平衡状态，这种力系称为平衡力系。力系平衡所满足的条件称为平衡条件。平衡力系中的各个力对刚体的外效应相互抵消。如果两个力系对同一刚体的



作用效应相同,则称这两力系等效,或者称其中一个力系为另一个力系的等效力系。如果一个力与一个力系等效,则称该力为这个力系的合力,而力系中的各个力称为该合力的分力。

1.1.4 静力学公理

公理是经过人类长期反复实践的检验,不需要再加证明的命题,是被人们所公认的规律和道理。以下五个静力学公理是静力学全部理论的基础。

公理一:二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体处于平衡状态的必要和充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,且作用在同一直线上。

如图 1-4 所示,有

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

这个公理表明了作用于刚体上最简单的力系平衡时所必须满足的条件。如果一物体仅受二力作用而平衡,则两力的作用线必定沿此二力作用点的连线。这类只受到两个力且处于平衡的构件常称为二力构件。如图 1-5 所示结构中,不考虑自重时 AB 杆即为二力杆, A 、 B 两点处的受力沿 AB 连线方向。

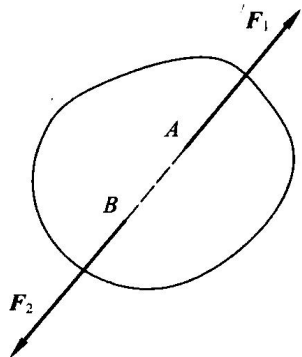


图 1-4 二力作用物体

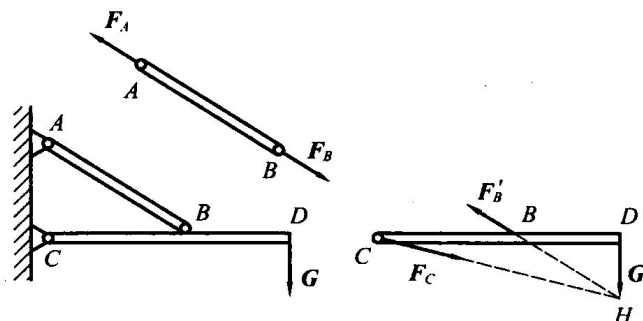


图 1-5 支架结构

公理二:加减平衡力系公理

在已知力系上,加上或减去一平衡力系,不会改变原力系对刚体的作用效应。

这个公理是研究力系等效替换的重要依据,但只适用于刚体,不适用于变形体。

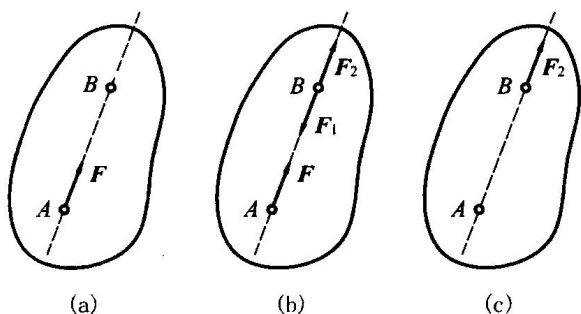


图 1-6 力的传递

根据上述公理可以推出以下重要推理。

推理 1: 力的可传性原理

作用于刚体上某点的力,可以沿着它的作用线移到刚体内任意一点,而不会改变该力对刚体的作用。

如图 1-6 所示,设有一力 F 作用于刚体上 A 点,在 F 作用线上某点 B 处加上一对平衡力,并使 $F = F_2 = -F_1$,力 F 对刚体

的作用不变。此时又可将 F 和 F_1 看成是一对平衡力，据此公理可以去掉，因此图 1-6 (a) 和 1-6 (c) 所示的情形等效，力 F 由点 A 沿其作用线移到了点 B 。由于 B 点是任取的，则推理成立。

力的可传性使力对刚体作用效应的三要素成为力的大小、方向和作用线。因此对于刚体，力是滑动矢量，它可以沿其作用线移动。

公理三：力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力，合力的作用点仍在该点，合力的大小和方向由这两个力为边构成的平行四边形的对角线确定。

如图 1-7 (a) 所示，平行四边形法则是力的合成方法，称为矢量加法。合力称为两分力的矢量和，表示为

$$F_R = F_1 + F_2 \quad (1-2)$$

此关系也可用平行四边形的一半表示，称为力三角形，如图 1-7 (b) 所示。对于复杂的共点力系，可以运用这一法则将各力进行合成得到合力。该法则也可以进行逆应用，即将一个力分解为两个分力。

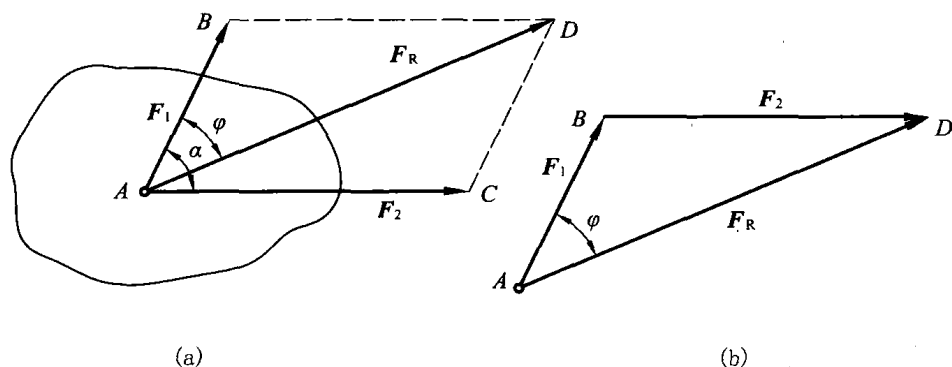


图 1-7 力的合成

推理 2：三力平衡汇交定理

作用于刚体上的三个力组成一平衡力系，若其中两个力的作用线汇交于一点，则这三力必在同一平面内，且第三个力的作用线通过汇交点。

如图 1-8 所示，在刚体上 A 、 B 、 C 三点处作用有三个相互平衡的力 F_1 、 F_2 和 F_3 。将力 F_1 和 F_2 沿其作用线移至汇交点 O 并按平行四边形法则求得合力 F_{R12} 。力 F_{R12} 位于 F_1 和 F_2 构成的平面，此时刚体受两力 F_{R12} 和 F_3 的作用而平衡。由二力平衡公理，两力必共线，故 F_3 必通过 F_1 与 F_2 的汇交点， F_{R12} 与 F_3 也必在同一平面内，即三力 F_1 、 F_2 和 F_3 共面。

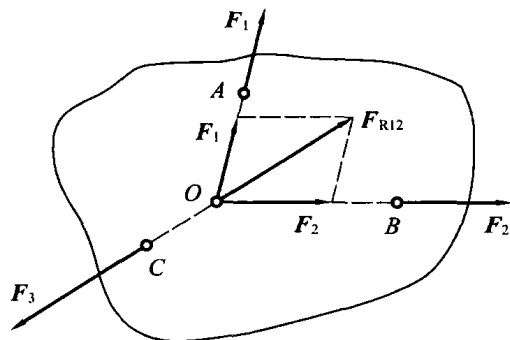
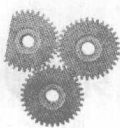


图 1-8 三力作用物体

**小提示**

刚体只受同一平面三个力作用而平衡，称为三力构件。若三个力中已知两个力作用线的交点及第三个力的作用点，即可判断出第三个力作用线的方位。

如图 1-5 中 CD 杆上 C 点的受力方向判断即为此推理的具体应用。

公理四：作用与反作用定律

两物体间作用力与反作用力总是同时存在，两力的大小相等方向相反，沿着同一直线，分别作用在两个相互作用的物体上。

如图 1-5 中， AB 杆对 CD 杆的 B 点的作用力 F'_B 与 CD 杆对 AB 杆上 B 点的作用力 F_B 即为一对作用力与反作用力。

注意

作用力、反作用力分别作用在两个物体上，与二力平衡公理不同，它们不构成平衡力系。

公理五：刚化原理

变形体在某一力系作用下处于平衡，若将此变形体刚化为刚体，则其平衡状态保持不变。

此公理建立了刚体与变形体平衡条件之间的联系。说明变形体平衡时，可将其刚化为刚体，其上作用的力系需满足刚体的平衡条件。由此，可以将刚体的平衡条件用到变形体的平衡问题中去，进而利用刚体静力学的全部理论，扩大了刚体静力学的应用范围。

1.2 约束与受力图

通常我们把取来进行受力分析或计算的物体称为研究对象或研究物体。在所取的研究对象中，有一些能在空间任意移动，称为自由体。例如，在空中飞行的飞机，在太空中飞行的飞船、卫星等。在空间中某些运动或位移受到限制的物体称为非自由体，这种限制称为约束。约束的作用总是通过某物体来实现的，因此也将约束定义为：是对非自由体的某些运动或位移起限制作用的物体。例如，铁轨是机车车轮的约束、车床中轴承是主轴的约束等。约束与非自由体相接触产生了相互作用力，约束作用于非自由体上的力称为约束力。约束力由作用于非自由体上能使其运动或有运动趋势的主动力（如重力、弹性力、风力、水压力等）而产生，因此是被动力，也称为约束反力。约束反力一般是未知的。

约束反力与约束的性质有关，但经大量的实践观察发现，无论是何种约束，约束反力都是作用在被约束物体与约束相接触的点或面上，其方向遵循一定的规律，即约束反力的方向始终与被约束物体运动或位移的方向相反。这是判断约束反力方向的一般原则。

约束反力的大小在静力学中可以根据作用在刚体上的主动力与约束反力满足平衡条件来确定。