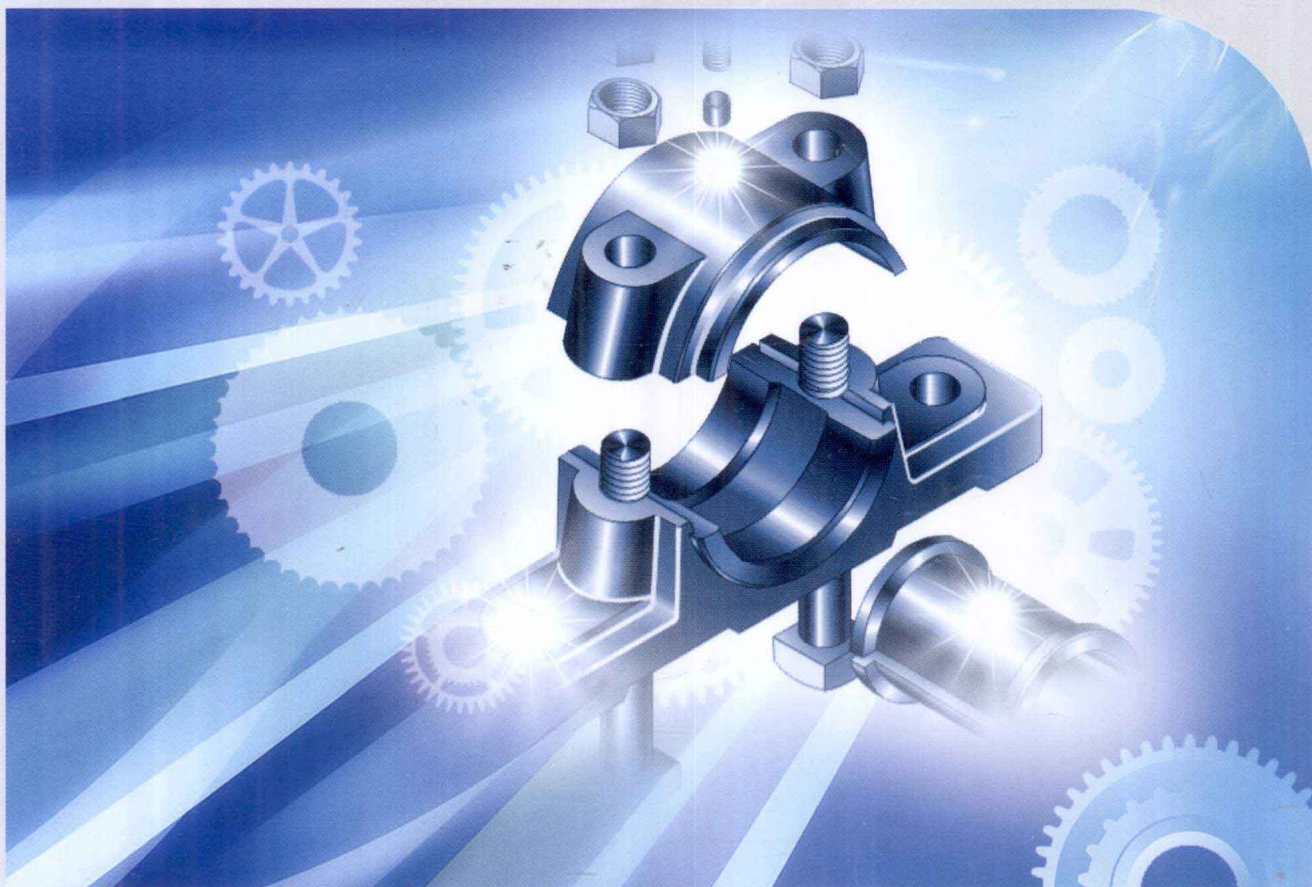




高等院校“十二五”精品课程建设成果



机械基础

JIXIE JICHU

主编 高峰 卢雪红



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等院校“十二五”精品课程建设成果

机械基础

主 编 高 峰 卢雪红
副主编 张 萍 朱 林 郭 婧
参 编 何冬花

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书紧密结合当前高等教育教学改革的需要,以“必需”“够用”为原则,精选内容而编写完成。全书共分三篇。第一篇为工程力学,主要介绍了静力学和材料力学的相关知识;第二篇为互换性与技术测量,主要介绍了公差与配合的基本知识与选用原则;第三篇为机械设计基础部分,介绍了常用机构和零部件的结构、工作原理和设计方法。书中采用最新国家标准,内容系统完整,讲解深入浅出,例题习题并举,使学生更好地掌握所学知识。

本书适合高等院校机械类、近机械类专业教学使用,也可供相关技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/高峰,卢雪红主编. —北京:北京理工大学出版社,2012.3
ISBN 978-7-5640-5629-2

I. ①机… II. ①高… ②卢… III. ①机械学-高等学校-教材
IV. ①TH11

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第027647号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/天津紫阳印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/21.25

字 数/494千字

责任编辑/刘远星

版 次/2012年3月第1版 2012年3月第1次印刷

张慧峰

印 数/1~1500册

责任校对/周瑞红

定 价/45.00元

责任印制/吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书是机械类、近机械类专业的专业技术基础课程教材。在总结近年来高等教育教学改革经验的基础上,根据企业生产一线对应用型技术人才的技能要求,本书结合高等教育的特点,以应用为目的,本着优化、适用、适度的原则将工程力学、互换性与技术测量、机械设计基础进行了整合,使学生掌握机械设计所必需的基础知识,包括常用机构的结构、运动特性和工程力学方面的基本理论。更重要的是使学生将所学的知识融会贯通,对机械设计形成整体的认识,具备一般通用机械的设计能力,培养学生建立初步的工程概念,并切实指导实践,提高学生分析问题和解决实际问题的能力,培养创新意识和对机械产品整体的概念和正确的设计思想,为实际问题打好基础。

本书由高峰、卢雪红任主编,张萍、朱林、郭婧任副主编,何冬花任参编。其中,绪论、第七章、第十一章由高峰编写,第十五章由卢雪红编写,第三章、第四章、第五章、第十二章、第十四章由张萍编写,第九章、第十章、第十三章由朱林编写,第一章、第二章、第六章由郭婧编写,第八章、第十六章由何冬花编写。全书由卢雪红统稿。

本书在编写过程中得到了相关部门的大力支持和帮助,在此表示诚挚谢意。因编者水平有限,书中错误与缺憾之处诚请读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
§ 0-1 机械的作用及机器的组成	(1)
§ 0-2 机械基础课程的内容、性质和任务	(2)
§ 0-3 机械产品设计的基本要求及一般程序	(3)

第一篇 工程力学

第一章 刚体静力学	(5)
§ 1-1 静力学的基本概念及公理	(5)
§ 1-2 物体受力分析与受力图	(9)
§ 1-3 力矩和力偶	(13)
§ 1-4 平面力系	(16)
§ 1-5 摩擦	(26)
思考题与习题	(30)
第二章 材料力学基础	(34)
§ 2-1 概述	(34)
§ 2-2 轴向拉伸和压缩	(36)
§ 2-3 剪切与挤压	(45)
§ 2-4 圆轴扭转	(48)
§ 2-5 平面弯曲	(54)
§ 2-6 强度理论与组合变形简介	(65)
§ 2-7 构件的疲劳破坏	(70)
思考题与习题	(73)

第二篇 互换性与技术测量

第三章 圆柱体结合的公差与配合	(77)
§ 3-1 互换性概述	(77)
§ 3-2 公差与配合的基本术语与定义	(78)
§ 3-3 公差与配合国家标准的组成与特点	(84)
§ 3-4 公差带与配合的标准化	(88)
§ 3-5 公差与配合的选用	(93)
§ 3-6 一般公差	(96)

思考题与习题	(97)
第四章 几何公差	(98)
§4-1 概述	(98)
§4-2 形状公差	(104)
§4-3 方向、位置和跳动公差	(107)
§4-4 公差原则	(112)
§4-5 几何公差的选择与标注	(121)
思考题与习题	(124)
第五章 表面粗糙度	(126)
§5-1 概述	(126)
§5-2 表面粗糙度的评定	(127)
§5-3 表面粗糙度评定参数的选择	(129)
§5-4 表面粗糙度的标注	(131)
§5-5 表面粗糙度的测量	(135)
思考题与习题	(136)

第三篇 机械设计基础

第六章 平面机构运动简图及自由度	(137)
§6-1 平面机构的运动副及运动简图	(137)
§6-2 平面机构的自由度	(141)
思考题与习题	(145)
第七章 平面连杆机构	(147)
§7-1 铰链四杆机构的类型及其演化	(147)
§7-2 平面四杆机构的基本特性	(152)
§7-3 平面四杆机构的设计	(156)
思考题与习题	(158)
第八章 凸轮机构	(160)
§8-1 凸轮机构的应用与分类	(160)
§8-2 常用的从动件运动规律	(162)
§8-3 盘形凸轮轮廓曲线的设计	(165)
§8-4 凸轮机构基本尺寸的确定	(168)
思考题与习题	(171)
第九章 带传动和链传动	(172)
§9-1 带传动的类型和应用	(172)
§9-2 V带和V带轮的结构	(174)
§9-3 带传动的工作情况分析	(179)
§9-4 普通V带的传动设计	(183)
§9-5 带传动设计实例	(189)

§ 9-6 带传动的张紧与维护	(190)
§ 9-7 链传动概述	(191)
§ 9-8 滚子链和链轮	(193)
§ 9-9 链传动的运动特性	(194)
§ 9-10 链传动的布置、张紧、润滑及维护	(195)
思考题与习题	(198)
第十章 齿轮传动	(199)
§ 10-1 齿轮传动概述	(199)
§ 10-2 渐开线直齿圆柱齿轮	(200)
§ 10-3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	(204)
§ 10-4 渐开线齿轮的加工和检测	(208)
§ 10-5 齿轮的失效和齿轮的材料	(214)
§ 10-6 渐开线直齿圆柱齿轮传动的设计计算	(218)
§ 10-7 渐开线直齿圆柱齿轮传动参数的选择和设计步骤	(226)
§ 10-8 其他齿轮传动简介	(230)
§ 10-9 齿轮的结构设计及润滑和效率	(238)
思考题与习题	(241)
第十一章 蜗杆传动	(243)
§ 11-1 蜗杆传动概述	(243)
§ 11-2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	(244)
§ 11-3 蜗杆传动的设计简介	(248)
§ 11-4 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(251)
思考题与习题	(253)
第十二章 间歇运动机构	(254)
§ 12-1 槽轮机构	(254)
§ 12-2 棘轮机构	(256)
§ 12-3 其他间歇机构	(257)
思考题与习题	(258)
第十三章 轮系	(259)
§ 13-1 轮系的分类	(259)
§ 13-2 定轴齿轮系传动比的计算	(261)
§ 13-3 行星齿轮系传动比的计算	(262)
§ 13-4 复合轮系传动比的计算	(264)
§ 13-5 齿轮系的应用	(265)
思考题与习题	(267)
第十四章 螺纹连接和螺旋传动	(269)
§ 14-1 螺纹	(269)
§ 14-2 螺纹的预紧、防松与工作分析	(274)
§ 14-3 螺旋传动	(281)

思考题与习题	(282)
第十五章 轴系零部件	(284)
§ 15 - 1 概述	(284)
§ 15 - 2 轴的设计	(288)
§ 15 - 3 键的选用	(292)
§ 15 - 4 滚动轴承	(296)
§ 15 - 5 滑动轴承	(308)
§ 15 - 6 联轴器、离合器和制动器	(313)
§ 15 - 7 综合实例	(321)
思考题与习题	(325)
第十六章 机械的平衡与调速	(327)
§ 16 - 1 机械的平衡	(327)
§ 16 - 2 机械速度的波动及调节	(329)
参考文献	(332)

绪 论

§0-1 机械的作用及机器的组成

一、机械的作用

机械是人类为了提高劳动生产率而创造出来的生产工具，用以代替或减轻人类的脑力劳动和体力劳动、提高劳动生产率、改善劳动条件、提高产品质量等。机械是机器和机构的总称。使用机械可以实现大量成批生产，对生产进行严格分工和科学管理；使用机械可以实现产品的标准化、系列化、通用化。因此，机械也是衡量一个国家的技术水平和现代化程度的重要标志之一。大量的新机械产品已经从传统的纯机械系统演变成机、电、液、气一体化的机械设备。机械产品的设计、制造进入了智能化的新阶段，其设计制造周期越来越短，对性能、质量的要求也越来越高，个性化要求越来越多，机械产品向着高速、精密、重载、智能等方面发展。

二、机器的组成及特征

1. 机器的组成

机器的种类繁多，性能、用途各异，但是它们有共同的特征，从它们的特征出发，剖析其结构，研究其组成原理，以达到掌握、运用的目的。

在人们的生产和生活中广泛地使用着各种类型的机器。常见的如内燃机、机床、汽车、火车、发电机、洗衣机、计算机等。图 0-1 所示为颞式破碎机，其主体是由机架 1、偏心轴 2、动颞 3 和肘板 4 等组成的。偏心轴 2 与带轮 5 固连，当电动机通过 V 带驱动带轮运转时，偏心轴则绕轴 A 转动，使动颞做平面运动，轧碎动颞 3 与定颞 6 之间的矿石，从而做有用的机械功。

就一台完整的机器而言，一般由以下四部分组成：

(1) 原动部分 原动部分为机器动力的来源，应用最多的是电动机。

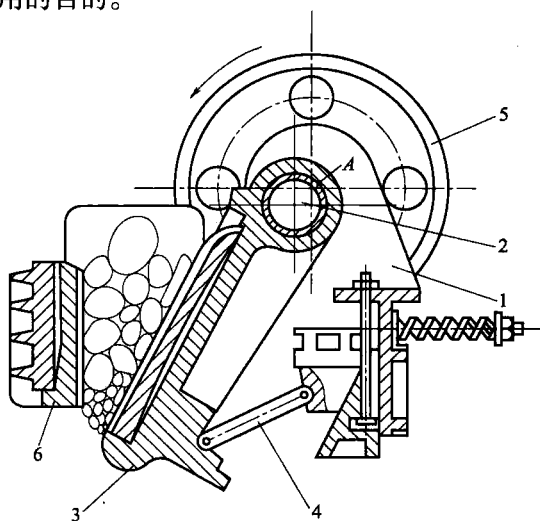


图 0-1 颞式破碎机

1—机架；2—偏心轴；3—动颞；4—肘板；5—带轮；6—定颞

(2) 执行部分 直接完成生产任务的部分, 其结构形式取决于机器本身的用途。

(3) 传动部分 将原动机的运动和动力传到执行部分的中间环节。

(4) 控制部分 完成各种功能的操纵控制系统。

分析上述机器还可以看出, 机器是执行机械运动的装置, 用以变换或传递能量、物料与信息。所以, 按照功能不同, 机器还可分为动力机器、加工机器、运输机器和信息机器。

2. 机器的特征

- 1) 都是人为的实物组合。
- 2) 组成机器的各实物之间具有确定的相对运动。
- 3) 能实现能量转换或完成有用的机械功。

3. 机构

机构是用来传递和变换运动的具有约束的物体系统, 由此可知, 机构只有机器的前两个特征, 若仅从结构和运动观点来看, 机器与机构二者之间并无区别。

最简单的机器只包含一个机构, 如电动机。多数机器包含若干个机构, 如内燃机就包含曲柄滑块机构、凸轮机构和齿轮机构等多个机构。

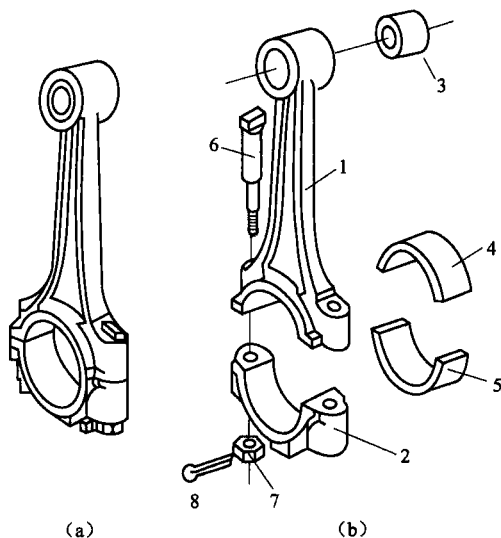


图 0-2 构件与零件的关系

1—连杆体; 2—连杆头; 3、4—轴瓦;
5—轴套; 6—螺栓; 7—螺母; 8—开口销

4. 零件、部件和构件

零件是制造单元, 是机器的基本组成要素。零件可分为通用零件和专用零件两类。

1) 通用零件是在各种机械中普遍采用的零件, 如螺钉、齿轮等。

2) 专用零件只出现在特殊机械中, 如汽轮机叶片、内燃机活塞等。

组成机构的各个相对运动部分称为构件。构件作为运动单元, 可以是单一的整体, 也可以是由几个最基本的实物组成的刚性结构。图 0-2 (a) 所示连杆是构件, 但其由图 0-2 (b) 所示 8 个零件所组成。

机构有多种形式, 其中常用机构有: 连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇机构等。

此外, 常把由一些协同工作且完成共同任务的零件组合称为部件, 如减速器、轴承和联轴器。

§0-2 机械基础课程的内容、性质和任务

一、课程的内容

全书分三篇, 第一篇为工程力学部分, 重点研究刚体的平衡规律, 即研究作用在刚体上的力系的平衡条件, 以及构件具有足够强度、刚度和稳定性时必须具备的条件, 为设计机器的零部件奠定基础; 第二篇为互换性与技术测量部分, 主要研究机器的零部件在设计、制

造、使用和维修过程中,如何协调机器零件的使用要求与制造经济性之间的矛盾,机器零件之间有关功能要求的相互关系如何反映出来;第三篇为机械设计基础部分,研究常用机构的组成原理、传动特点、功能特性、设计方法等基本知识,讨论通用机械零件在一般工作条件下的工作原理、结构特点、选用及设计计算问题。

二、课程的性质

本课程是一门技术基础课,它综合运用了物理、数学、机械制图、金属工艺学等先修课程知识,解决常用机构及通用零部件的设计问题,较之以前的先修课程更接近工程实际,但也有别于专业课程,它主要是研究各类机械所具有的共性问题,在机电类专业课程体系中占有重要位置。

三、课程的任务

- 1) 掌握作用在刚体上的力系的平衡条件。
- 2) 掌握构件的强度、刚度和稳定性的计算方法,并能在理论的基础上解决实际问题。
- 3) 掌握公差与配合知识在零件(部件)的设计、制造、使用和维修过程中的作用。
- 4) 了解常用机构的工作原理、运动特性及机械设计的基本理论和方法。
- 5) 掌握通用零件的工作原理、选用和维护等方面的知识。
- 6) 培养学生运用标准手册查阅相关技术资料的基本能力,以及通用零件的参数选择和简单机械传动装置的设计计算的能力。
- 7) 获得本学科实验技能的初步训练并培养一定的创新能力。
- 8) 通过本课程的学习为后续专业课程打好基础。

§0-3 机械产品设计的基本要求及一般程序

一、基本要求

机械设计的目的是为了满足社会生产和生活需求,在设计中应合理确定机械系统功能,增强可靠性,提高经济性,确保安全性。机械产品设计应满足以下几方面的基本要求:

(1) 预定的功能要求 机器应能实现预定功能,并在规定的工作条件下、规定的工作期限内能正常运转。为此,必须正确选择机器的工作原理、机构的类型和机械传动方案,合理设计零件,满足强度、刚度、耐磨性等方面的要求。

(2) 满足可靠性要求 机械产品的可靠性是由组成机械的零部件的可靠性保证的。零部件的可靠性直接关系到系统的可靠性。机械系统的零部件越多,其可靠度越低。为此,要尽量减少机械系统的零件数目,并对系统可靠性有关键影响的零件,必须保证其必要的可靠性。

(3) 符合经济性要求 符合经济性要求设计的机械产品应先进,功能强,生产效率高,成本低,使用维护方便,在产品寿命周期内用最低的成本实现产品的预定功能。

(4) 确保安全性要求 要能保证操作者的安全和机械设备的安全,并保证设备对周围环境无危害,要设置过载保护和安全互锁等装置。

(5) 推行标准化要求 机械产品规格、参数符合国家标准, 零部件应最大限度地与同类产品互换通用, 产品应成系列发展, 推行标准化、系列化、通用化, 提高标准化程度和水平。

二、一般程序

(1) 制订设计任务书 根据用户的需要和要求, 确定机器的功能范围和工作指标, 研究实现的可能性, 确定设计课题, 制订设计任务书。

(2) 拟订总体方案 根据设计任务, 调查现有同类型机器的设计、生产、使用情况, 充分了解用户意见、制造厂的技术设备及工艺能力等, 在此基础上确定机器的工作原理, 拟订出总体设计方案; 进行运动和动力分析, 从工作原理上论证设计任务的可行性, 必要时对某些技术经济指标作适当修改, 然后绘制机构简图。

(3) 初步设计 确定零件、构件和机构的主要参数和尺寸, 并绘制必要的草图。

(4) 结构设计 根据初步设计结果, 充分考虑满足零件的工作能力及结构工艺性, 确定零件的形状和全部尺寸, 并绘制零件工作图, 编出各种技术文件和说明书。

(5) 试制与投产 设计结果是否满足要求, 需要经过试制和鉴定。样机制成后, 可通过生产运行, 进行性能测试, 然后便可组织鉴定, 进行全面的技术经济评价, 如动力特性审查、标准化审查、工艺审查、成本预测等。同时对设计可进行适当修改, 以继续完善设计方案。在样机的试制与鉴定通过后, 就可进行产品的正式投产。

第一篇 工程力学

第一章 刚体静力学

静力学是研究物体在力系作用下平衡规律的学科。其研究的主要内容包括：力的基本性质，物体的受力分析，力系的简化，各种力系的平衡条件及其应用。通过利用平衡条件，求解作用于物体上的某些未知力，为工程构件设计计算和解决相关力学问题提供必备的基础知识。

§1-1 静力学的基本概念及公理

一、静力学的基本概念

1. 力的概念

力是物体之间相互的机械作用，其作用效果（也称效应）是使物体运动状态发生改变或使物体发生变形，即运动效应（又称外效应）和变形效应（又称内效应）。静力学研究力的外效应，材料力学研究力的内效应。

实践表明，力对物体的作用效应取决于力的三要素，即力的大小、方向和作用点，若改变任一要素，力对物体的作用效应也随之改变。

力是矢量，常用一条带有箭头的线段来表示，如图 1-1 所示。线段的长度按一定比例表示力的大小，箭头表示力的方向，线段的起点（或终点）表示力的作用点，通过力的作用点沿力方向的直线称为力的作用线。力矢量用大写黑体字母 $\boldsymbol{F}$ 表示，而普通字母 F 则表示该力的大小。在国际单位制（SI）中，力的单位是牛顿（N）或千牛顿（kN）；在工程单位制中，力的单位是千克力（kgf）。两种单位制间力的换算关系为：1 kgf $\approx$ 9.8 N。

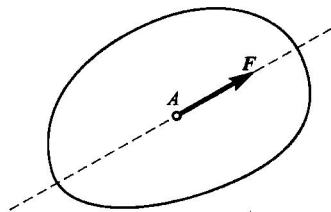


图 1-1 力的表示

2. 力系的概念

力系是指同时作用在同一物体上的一组力。若物体在某力系作用下处于平衡状态，则该力系称为平衡力系。平衡力系中诸力对物体产生的运动效应互相抵消，可见平衡力系是对物体作用效应等于零的力系。

对同一物体产生相同效应的诸力系，彼此称为等效力系，等效力系可以相互替换。若一个力与一个力系等效，则此力称为该力系的合力，而该力系中的诸力称为此力的分力。把各分力代换成合力的过程，称为力的合成；把合力代换成若干分力的过程，称为力的分解。

3. 刚体与平衡的概念

(1) 刚体的概念 刚体是在任何力的作用下，其大小和形状都保持不变的物体。显然刚体是一个抽象化的力学模型。在实践中，任何物体在力的作用下或多或少都会发生不同程度的变形，当物体变形不大或变形不影响所研究问题的实质时，均可视为刚体。静力学中，物体的变形对其平衡影响很小，从而可以忽略不计，则静力学的研究对象是刚体。

(2) 平衡的概念 在一般工程问题中，平衡是指物体相对于地面（或机架）保持静止状态或做匀速直线运动。物体的平衡是相对的，物体也不是在任何力系的作用下都能处于平衡状态，只有该作用力系满足一定条件时，才能处于平衡状态。

二、静力学公理

静力学公理及其推论概括了力的基本性质，揭示了力对物体作用最根本的规律，是静力学的理论基础。

公理一：二力平衡公理

作用于刚体上的两个力使刚体处于平衡的充分与必要条件是：二力大小相等，方向相反，且作用在同一条直线上（即等值、反向、共线），如图 1-2 (a)、(b) 所示，即 $F_1 = -F_2$ 。

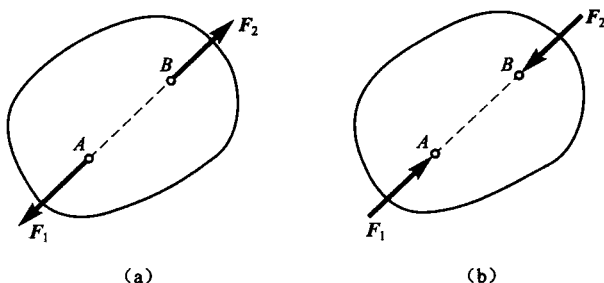


图 1-2 二力平衡公理

此原理只适用于刚体，对于变形体这个条件是不充分的。如绳索两端受到等值、反向、共线拉力时可以平衡，但受到等值、反向、共线压力时就不能平衡。

仅受两个力作用且处于平衡状态的构件称为二力构件，图 1-3 (a) 所示的三铰拱中，BC 是二力构件，它所受的力满足二力平衡条件，即两力作用线必沿 B、C 两点的连线，且等值、反向。由此可见，二力构件受力与形状无关。

公理二：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大小相等，方向相反，沿同一直线，且分别作用在两个物体上。

作用力与反作用力总是同时产生，同时消失，成对出现。但须注意它与二力平衡的本质区别，作用力与反作用力分别作用在两个物体上，而二力平衡中的二力则作用在同一物体上，如图 1-4 所示。图中 G 和 F_A 是二力平衡， F_A 和 F'_A 是作用力和反作用力。

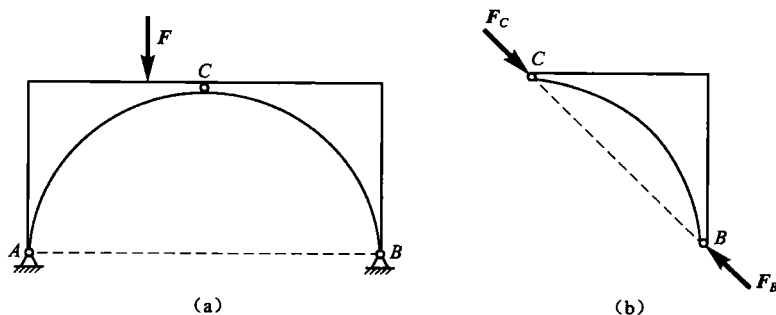


图 1-3 二力构件

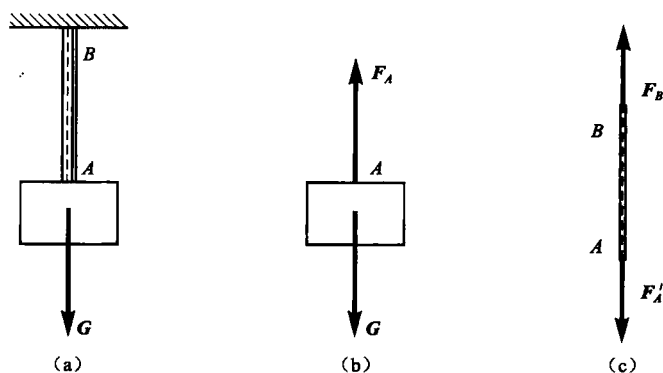


图 1-4 二力平衡与作用力和反作用力

公理三：力的平行四边形公理

作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力，合力的大小和方向以这两个力为邻边所做平行四边形的对角线来表示，如图 1-5 (a) 所示，合力的作用点仍在两力的作用点上。这种合成力的方法，即称平行四边形法则。其矢量表达式为： $F_R = F_1 + F_2$ 。

由图 1-5 (b)、(c) 可知，求合力时，可不必做出整个平行四边形，这种求合力的方法称为力的三角形法则。而合力的大小、方向与二力的绘制顺序无关，

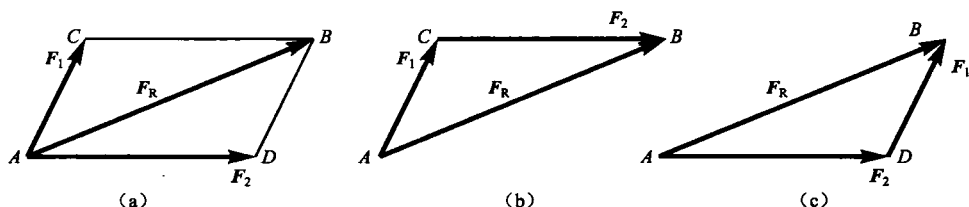


图 1-5 力的平行四边形公理

同理，利用三角形法则还可将已知一个力分解为两个相互垂直方向的分力，此分解称正交分解。该公理是力的合成与分解、力系简化的基本依据之一。

公理四：加减平衡力系公理

在作用着已知力系的刚体上，加上或减去一平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效果。图 1-6 (a) 中的刚体受 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_{P1} 、 F_{P2} 等力的作用，在这个力系中若

$F_{P1} = -F_{P2}$, 组成一平衡力系, 则根据公理可知, 去掉 F_{P1} 、 F_{P2} 组成的平衡力系, 余下的 F_1 、 F_2 、 F_3 三个力对刚体的作用效果是不变的, 如图 1-6 (b) 所示。

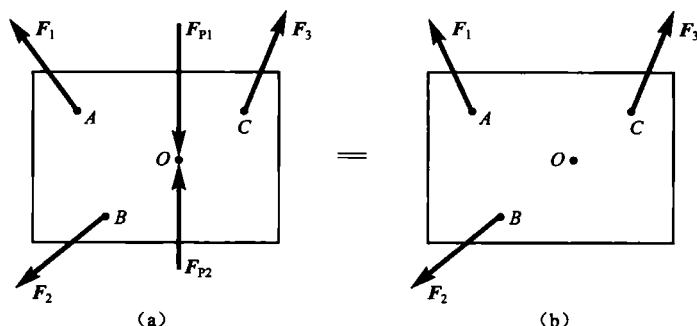


图 1-6 加减平衡力学公理

根据上述公理可以推导出以下推论:

推论一 力的可传性原理: 作用在刚体上某点的力, 可沿其作用线移至刚体上任意一点而不改变该力对刚体的作用效果。

如图 1-7 (a) 所示, 力 F 作用在刚体的点 B 处, 根据加减平衡力系公理, 在力 F 作用线的任意点 A 处加上一对等值、反向、共线的平衡力, 且使 $F = F_1 = F_2$, 如图 1-7 (b) 所示。由于 F 、 F_2 是一个平衡力系, 同样可以减去而不影响其作用效果, 如图 1-7 (c) 所示。比较图 1-7 (a)、(c) 可以看出, $F = F_1$, 相当于作用于点 B 的力 F 沿作用线移到了 A 点。由此原理可见, 对刚体而言, 力的作用点可由其作用线替代。力的三要素可变为力的大小、方向和作用线。

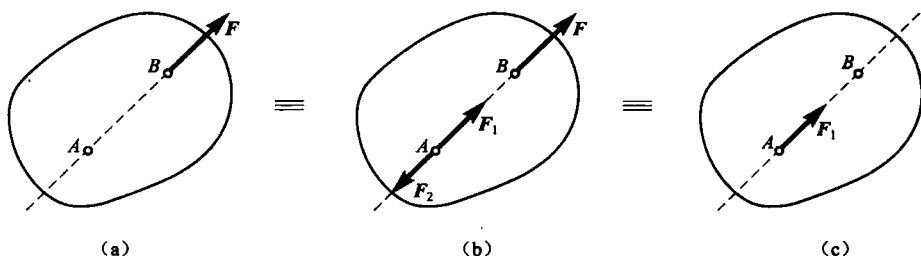


图 1-7 力的可传性

推论二 三力平衡汇交定理: 刚体受互不平行的三个力作用而处于平衡时, 则这三个力的作用线必定汇交于同一点。

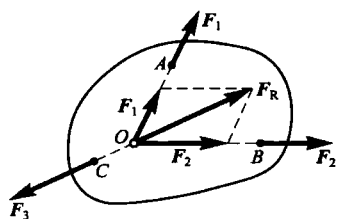


图 1-8 三力平衡汇交定理

如图 1-8 所示, 设 F_1 、 F_2 、 F_3 三力分别作用在刚体上的 A 、 B 、 C 三点, 使刚体处于平衡状态。根据力的可传性原理, 将 F_1 、 F_2 移到汇交点 O , 由力的平行四边形法则可得 F_1 、 F_2 的合力 F_R , 则此合力 F_R 应与 F_3 平衡。又由二力平衡公理可知, F_3 必与 F_R 共线, 所以 F_3 的作用线也必然通过 F_1 、 F_2 交点 O , 即三力平衡一定汇交。

需要指出, 三力平衡汇交只是三力平衡的必要条件,

而不是充要条件。三力平衡时作用线一定汇交，但三个作用线交于一点的力不一定平衡。

§1-2 物体受力分析与受力图

研究物体在力作用下的平衡条件，就需要对研究对象进行受力分析，其中周围物体对它的作用力（又称约束反力）的情况较为复杂。

一、约束和约束反力的概念

在空间可以自由运动的物体称为自由体，如气球等。而运动受到一定限制的物体称为非自由体（受约束体），如书本受到课桌的限制等。工程中的各种构件，都与它周围的构件互相联系、互相制约，使其运动受到限制，因而都是非自由体或受约束体，所谓约束就是对物体的运动起限制作用的周围其他物体。约束作用于物体的力就称为约束反力，简称约束力。约束反力的作用点在约束和被约束体的接触处，方向总与物体运动或运动趋势的方向相反。

二、约束类型及其约束反力

在工程中常见的约束，按其特点不同有以下几种基本类型。

1. 柔体约束

由绳索、链条、传动带等柔性体形成的约束称为柔体约束。这种约束的特点是，只限制物体沿柔性体的中心线离开柔体的运动，承受拉力而不承受压力，因此，约束反力沿柔体的中心线背离物体，如图 1-9 所示。

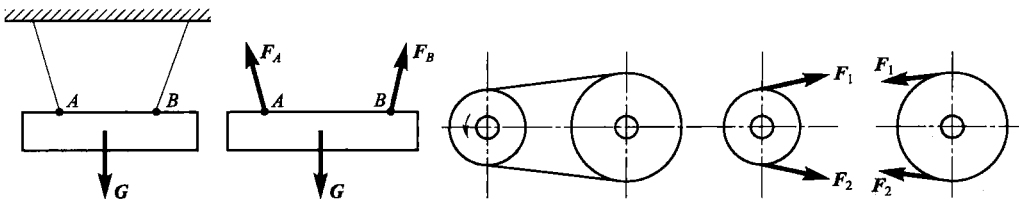


图 1-9 柔体约束

2. 光滑面约束

当两物体直接接触，并忽略接触处摩擦时，则可认为接触面是光滑的，由光滑面所形成的约束称为光滑面约束。与柔体约束相反，此类约束不限制物体沿接触面切线方向的运动，只能限制物体沿接触面公法线并指向支承面方向的运动。因此，光滑面约束的约束反力作用在接触点上，方向沿着接触面的公法线而指向被约束的物体，通常称为法向约束反力。常见的光滑面约束形式如图 1-10 所示。

3. 光滑圆柱铰链约束

两个带有圆孔的物体，用光滑圆柱相连接而形成的约束称为光滑圆柱铰链约束。光滑圆柱铰链约束可分为固定铰链约束、活动铰链约束和中间铰链约束三种。

(1) 固定铰链约束 当铰链连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约束，它限制构件在固定铰链处的任何移动，但不限制其转动。所以固定铰链约束的反力在垂直于圆柱销轴线的平面内，通过圆柱销中心，方向不定，通常用互相垂直的