



面向“十二五”高等学校精品规划教材·机电类

机械设计基础 (四合一)

燕晓红 党 华 龙育才 主 编

阴 伟 张如盛 于占泉 副主编

武 芳 范咏梅

面向“十二五”高等学校精品规划教材·机电类

机械设计基础(四合一)

主 编	燕晓红	党 华	龙育才
副主编	阳 祎	张如盛	于占泉
	武 芳	范咏梅	

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书系将理论力学、材料力学、机械原理、机械零件等课程的主要内容进行优化组合编写而成,全部采用最新国家标准。主要内容有:绪论,静力学基础及物体的受力分析,常用机构,材料力学基础及拉、压杆强度分析,连接,挠性传动,齿轮传动,轮系,轴,轴承,联轴器和离合器。各章设有小结、思考题与习题,同时附有必要的数据和资料可供查阅。

本书主要适用于高等学校机械类和近机械类各专业“机械设计基础”课程的教材,也可作为成人高校和在职人员培训用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础:四合一/燕晓红,党华,龙育才主编. —北京:北京理工大学出版社, 2010. 6

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3178 - 7

I. ①机… II. ①燕…②党…③龙… III. ①机械设计 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 081036 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 / 15.75

字 数 / 366 千字

版 次 / 2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 2000 册

定 价 / 35.00 元

责任校对 / 王 丹

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

教材编审委员会

主 任：张美清

副主任：孙喜平

委 员：（按姓氏笔画排序）

于占泉	王中元	王金旺	王金铤	王 霞
石 富	龙育才	刘文成	刘 芳	刘 玲
刘敏丽	闫斌举	关玉琴	阳 祎	张如盛
张秀玲	张国瑞	陈庆丰	武 芳	范咏梅
胡笛川	袁 广	党 华	康 俐	韩炳科
韩翠英	雷晓燕	燕晓红		

前 言

机械设计基础作为高等学校机械类专业一门重要的专业基础课程，作者多年来从未间断对其教学探索、改革。本教材编写组本着“应用为本，够用为度”的原则，从“厚基础、重能力、求创新”的总体思路出发，结合高等学校机电一体化、机械制造、数控、模具、冶金等专业教学思路、方法和课程改革创新的需求，将理论力学、材料力学、机械原理、机械零件等课程的主要内容进行了优化组合，精心编写完成了这本适用性较强且体系相对完整的《机械设计基础（四合一）》教材。

这本教材的编写，是在对相关专业人才培养模式和教学体系改革进行充分调研，并多方面吸收了高等教育在培养高素质技能型人才方面取得的经验和成果的基础上完成的，充分突出了应用特色和能力本位，兼顾了人才的创新素质和创新能力的培养。在教材内容的选取上，既总结了教学成果又兼顾教学现状，丰富了力学、机械原理等方面的知识，在弱化设计计算的基础上，进一步强化学生对实用图表、手册等应用能力的培养，提升学生对就业岗位群的适应能力。本教材全部采用了最新国家标准，在例题、习题的选择上也更加注重实用性、针对性。

参与本教材编写的既有从事一线教学的双师型教师又有行业专家。本书不仅是编写团队多年教学实践经验的高度总结，也是近年来高等教育课程改革成果的集中体现，是一本特色鲜明，集高质量和较强实用性于一体的教材。

本书主要内容有：绪论、静力学基础及物体的受力分析、常用机构、材料力学基础及拉压杆强度分析、连接、挠性传动、齿轮传动、轮系、轴的设计、轴承、联轴器和离合器。各章设有小结、思考题与习题，便于读者更好地巩固、掌握所学内容，同时附有必要的数据和资料可供查阅。

本书由燕晓红、党华、龙育才担任主编，阳祎、张如盛、于占泉、武芳、范咏梅担任副主编，参加编写的有刘芳、张国瑞，刘文成担任主审。

本书主要适用于高等学校机械类和近机械类各专业“机械设计基础”课程的教材，建议课时分配 80 ~ 100 学时；也可作为成人高校和在职人员培训用书。

由于作者水平有限，书中难免存在一些疏漏，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
第一节 本课程的研究对象与基本概念	(1)
第二节 本课程的性质、内容和任务	(3)
第一章 静力学基础及物体的受力分析	(4)
第一节 静力学基础	(4)
第二节 物体的受力分析与受力图	(8)
第三节 力在坐标轴上的投影、力矩和力偶	(16)
第四节 平面力系的平衡方程及应用	(21)
本章小结	(25)
思考题与习题	(27)
第二章 常用机构	(30)
第一节 机构的三种运动形式	(30)
第二节 运动副及平面机构运动简图	(33)
第三节 平面机构自由度的计算	(37)
第四节 平面连杆机构	(40)
第五节 其他常用机构	(47)
本章小结	(52)
思考题与习题	(52)
第三章 材料力学基础及拉、压杆强度分析	(55)
第一节 材料力学基础	(55)
第二节 轴向拉伸和压缩的内力	(59)
第三节 轴向拉伸和压缩的应力	(62)
第四节 轴向拉伸和压缩的变形	(63)
第五节 材料在拉伸和压缩时的力学性能	(65)
第六节 轴向拉伸和压缩的强度计算	(69)
本章小结	(71)
思考题与习题	(72)
第四章 连接	(74)
第一节 键连接	(74)
第二节 键的选择和平键强度校核	(79)
第三节 销连接	(82)
第四节 螺纹连接	(83)
第五节 螺纹连接的预紧和防松	(91)

本章小结	(93)
思考题与习题	(93)
第五章 挠性传动	(94)
第一节 带传动	(94)
第二节 链传动	(110)
本章小结	(115)
思考题与习题	(116)
第六章 齿轮传动	(117)
第一节 齿轮传动的特点和分类	(117)
第二节 渐开线齿轮的齿廓与啮合特性	(118)
第三节 渐开线齿轮的主要参数与几何尺寸	(121)
第四节 渐开线齿轮的啮合传动	(124)
第五节 渐开线齿轮的加工	(126)
第六节 渐开线变位齿轮	(127)
第七节 轮齿的失效形式与材料选择	(128)
第八节 齿轮的结构与精度	(131)
第九节 渐开线直齿圆柱齿轮的传动设计	(133)
第十节 斜齿轮传动的参数及受力分析	(140)
第十一节 直齿圆锥齿轮传动和蜗杆传动的受力分析	(142)
本章小结	(144)
思考题与习题	(145)
第七章 轮系	(148)
第一节 轮系的类型及其应用	(148)
第二节 定轴轮系的传动比计算	(150)
第三节 周转轮系传动比计算	(153)
本章小结	(155)
思考题与习题	(155)
第八章 轴	(158)
第一节 轴的分类和常用材料	(158)
第二节 轴的结构设计	(161)
第三节 传动轴的强度与刚度计算	(166)
第四节 心轴的强度计算	(173)
第五节 转轴的强度计算及设计	(186)
本章小结	(198)
思考题与习题	(200)
第九章 轴承	(204)
第一节 滚动轴承	(204)
第二节 滑动轴承	(220)
本章小结	(231)

思考题与习题	(232)
第十章 联轴器和离合器	(233)
第一节 联轴器	(233)
第二节 离合器	(238)
本章小结	(239)
思考题与习题	(240)

绪 论

机器是人类为了提高劳动生产率而创造出来的工具。随着生产的不断发展,品种繁多的机械进入了社会的各个领域,大量的新机器从传统的纯机械设备演变成机电一体化的设备。机器的设计、制造进入了个性化、智能化的新阶段。机器不仅减轻或代替人的体力劳动,又提高了劳动生产率和产品质量,同时也便于对生产进行严格分工和科学管理,易于实现产品的标准化、系列化和通用化,并向着高速、精密、智能等方面发展。机械设计、制造、使用的水平成为衡量一个国家科学技术水准、核心竞争力和现代化程度的重要标志之一。

第一节 本课程的研究对象与基本概念

本课程的研究对象是机械。在生产和生活中,常见到的飞机、汽车、起重机、自行车和各种机床等都是机器。机械种类繁多,性能、用途各异,但它们有共同的特征,从它们的特征出发,剖析结构研究其组成原理,以达到掌握、运用的目的。

一、机器、机构、机械

如图0-1所示的单缸内燃机,是由气缸体(机架)1、活塞2、进气阀3、排气阀4、连杆5、曲轴6、凸轮7、顶杆8、齿轮9和齿轮10组成。气缸的气体燃烧膨胀,推动活塞作往复移动,通过连杆5使曲柄连续转动,齿轮、凸轮和顶杆的作用是启闭进气阀和排气阀,以吸入燃气和排出废气,这样,就能把燃烧的热能转换为机械能。

从以上的例子中可以看出,机器有三个共同的特征:①都是人为的实物组合体;②组成机器的各实物体形成运动单元,各运动单元之间具有确定的相对运动;③可实现能量和信息的转化,完成有用的机械功。同时具备上述三个特征的称为机器,而仅具备前两个特征的称为机构。单缸内燃机就是由以下三种机构组合而成的:①由气缸体(机架)1、活塞2、连杆5、曲轴6组成的曲柄滑块机构,将活塞的往复移动转变为曲柄的连续转动,是机器的主体部分;②由气缸体(机架)1、齿轮9和齿轮10组成的齿轮机构,将曲轴的转动传递给凸轮轴并可以改变转速的大小和方向;③由气缸体(机架)1、凸轮7、顶杆8组成的凸轮机构将凸轮轴的转动变换为顶杆的直线往复运动,从而保证进、排气阀有规律地启闭。可见若干机构组成了机器,简单的机器也可以只有一个机构,如电动机等。总之,机构主要用来传递和转换运动,机器主要用来传递和转换能量,但仅从结构和运动的角度看两者之间并无差别,因此,工程上把机器和机构通称为“机械”。

二、零件、构件、部件

机器是由若干个不同的零、部件组装而成的,零件是机器的最小制造(加工)单元,是组成机器的基本要素,可分为通用零件和专用零件两类。在各种机器中普遍采用的零件为通用零件,如螺钉、螺母、轴、齿轮等;特殊机器中才会使用的零件为专用零件,如汽轮机

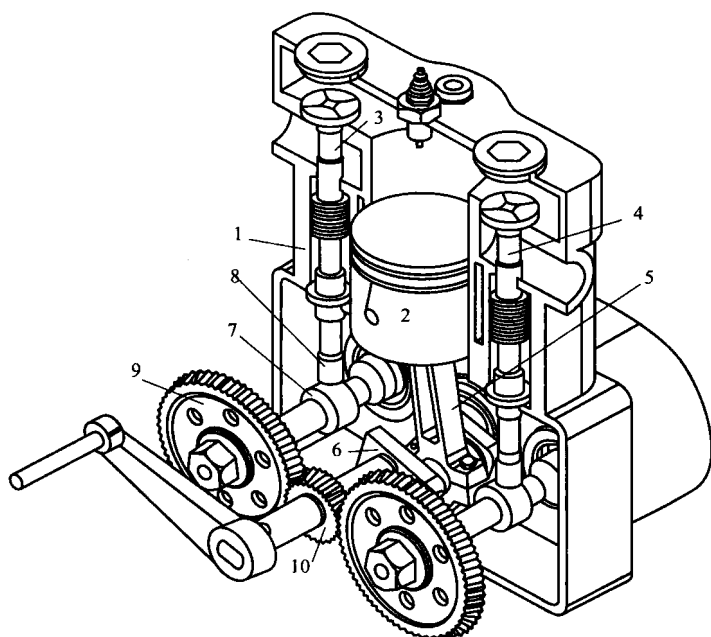


图 0-1 单缸内燃机

1—气缸体（机架）；2—活塞；3—进气阀；4—排气阀；
5—连杆；6—曲轴；7—凸轮；8—顶杆；9、10—齿轮

中的叶片、内燃机中的曲轴、连杆、活塞等。

构件是机器的最小运动单元，构件可以是单一的零件，如齿轮既是零件又是构件；也可以是两个以上的零件组成的刚性结构，如图 0-2 所示的内燃机连杆就是由连杆体、连杆盖、螺栓、螺母等组成的构件。部件是机器装配的最小单元，由彼此协同完成同一工作的若干零件或构件组成的组合体，如联轴器、离合器、滚动轴承、减速器等。

三、机器的组成

一部机器不管它的内、外部结构如何，一般都由四个部分组成：

1. 动力系统（原动机）

动力系统是机器的动力来源，可采用人力、畜力、风力、水力、电力、热力、磁力等动力源。常用的原动机有电动机、内燃机。

2. 执行系统（工作机）

处于整个机器的终端，是完成工作任务的部分。

3. 传动系统（传动机）

介于动力系统和执行系统之间，能把原动机的运动或动力传递给执行系统。

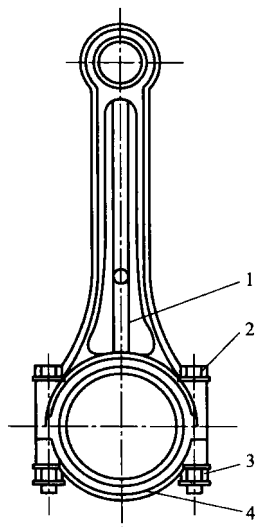


图 0-2 连杆简图

1—连杆体；2—螺栓；
3—螺母；4—连杆盖

4. 控制系统

包括各种控制、操纵机构，能够使机器的原动机、传动机、工作机按一定的顺序和规律运动，从而完成所需的工作任务。

第二节 本课程的性质、内容和任务

本课程是一门综合的专业技术基础课。内容涵盖零件、构件的受力、承载能力分析及机械设计基本知识，其具体内容有：

1. 力学基础

机器是由若干零件、构件组成的，而这些零件、构件在工作时都要承受载荷作用，这就需要用力学的分析方法对零件、构件的强度和刚度进行分析研究，以便保证其工作安全可靠。

2. 常用机构

主要讲述机械中常用机构的工作原理、结构特点、运动特性等。

3. 机械零件

讲述机械零件及失效形式、强度计算及设计方法（包括确定主要尺寸和结构）。简要介绍国家规范、标准零部件选用原则、机器设备的使用、保养与维护等相关知识。

本课程的任务是：

- (1) 掌握零件、构件的受力分析，基本变形形式和相应的强度计算方法。
- (2) 熟悉常用机构的工作原理、结构特点、运动特性。
- (3) 具备正确分析、使用和维护机械的能力，掌握通用零件的设计原理及方法，具有运用机械设计相关手册、图册、标准、规范等有关技术资料设计简单机械的能力。
- (4) 通过本课程的学习为后续专业课的学习打好基础。

第一章

静力学基础及物体的受力分析

第一节 静力学基础

一、静力学的基本概念

(一) 静力学的研究对象

静力学研究物体在力作用下的平衡规律。平衡是物体机械运动的一种特殊状态。所谓**物体的平衡**，一般是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。物体的运动是绝对的，平衡是相对和暂时的。例如地面上的建筑物我们看来它是静止不动的，但它相对于太阳系来说，却随着地球不停地运动着，因此，以后所说的物体处于平衡状态，都是相对于地球这个参考系而言的。

由于静力学仅研究在力作用下物体的平衡规律，并不研究力作用下物体的变形，为了突出事物的主要矛盾，忽略一些次要的因素，将静力学研究的物体抽象成一个理想的模型——**刚体**。所谓**刚体**，是指在外力作用下，几何尺寸和形状不发生变化的物体。

事实上，任何物体在力的作用下都或多或少会产生变形。而实际工程中的构件在力的作用下产生的变形非常微小，忽略这一微小变形不会对研究结果发生实质性影响，同时又能将所研究的问题简化。但是，将物体抽象为刚体是有条件的，这与所要研究问题的性质和内容有关，如果变形这一因素在所研究的问题中成为主要矛盾时，就必须以变形体为模型。这类问题将在变形体力学（如材料力学，见本书第三章）中研究。

由于在静力学中只研究刚体和刚体系统的平衡问题，所以，静力学又称**刚体静力学**。

(二) 静力学的研究内容

静力学主要研究两个基本问题：

1. 力系的简化

作用在物体上的若干个力，称为**力系**。在研究物体的平衡问题时，为了方便地表示出各种力系对物体作用的总效应，并从中找出平衡规律，就需要将一个比较复杂的力系用另一个简单的力系来代替，但必须保证简化前后力系对物体的作用效果完全相同，这个过程称为**力系的简化**。由于力系简化前后并不改变物体原有的运动状态，这两个力系互称为**等效力系**。若一个力对物体的作用和一个力系等效，则称这个力为这个力系的**合力**，而该力系中的所有

各力称为这个合力的分力。力系简化的基本工具和理论就是静力学公理。

2. 力系的平衡条件

若物体在某一力系作用下处于平衡状态, 则该力系称为平衡力系。欲使物体处于平衡状态, 作用于物体上的力系必须满足一定的条件, 这些条件称为力系的平衡条件。

静力学的主要任务是: 已知物体在某力系作用下处于平衡状态时, 应用力系的平衡条件求解力系中的未知力(约束反力)。因此, 力系平衡条件的建立及应用是静力学研究的主要内容。

(三) 力的概念

1. 力的定义及其三要素

力是物体间相互的机械作用, 这种作用使物体的运动状态发生改变或使物体产生变形。

力对物体机械作用的效应表现为两个方面: 一是使物体的运动状态发生改变, 如使物体运动速度的大小或方向改变, 这种效应称为力的运动效应或外效应, 二是使物体产生变形, 例如使轴弯曲或弹簧伸长, 这种效应称为力的变形效应或内效应。力的这两种效应是同时出现的, 静力学只研究力的外效应, 而材料力学将研究力的内效应。

由经验可知, 力对物体的作用效应取决于力的大小、方向和作用点, 这三个因素通称为力的三要素。

力的大小是指物体间相互机械作用的强弱程度。力的国际单位制为牛顿(N)、千牛顿(kN), 且 $1\text{ kN} = 1\,000\text{ N}$ 。

力的方向包含方位和指向两个意思。比如说重力是“铅直向下”, “铅直”是指力的方位; “向下”是指力的指向。

力的作用点是物体相互作用位置的抽象化结果。实际上, 力的作用位置不是一个点而是分布在一定的面积或体积上的。一般来说, 如果作用面积或体积很小, 则可将其抽象为一个点, 称为力的作用点, 我们把这种力称为集中力; 如果力分布作用的面积或体积比较大且不可忽略时, 则称为分布力。

在力的三要素中, 如果改变其中任何一个要素, 也就改变了力对物体的作用效果。

2. 力的表示方法

力是一个有大小和方向的量, 所以力是矢量, 常用一带箭头的线段来表示, 如图 1-1 所示。图中线段 AB 的长度(按一定的比例尺)表示力的大小; 线段与某一参考线之间的夹角(如 θ 角)表示力的方位; 箭头则表示力的指向; 线段的起点 A (或终点 B) 表示力的作用点, 与线段重合的直线 KL 称为力的作用线。

本书中力矢量一律用黑体字母表示, 例如 $\mathbf{F}$; 而不用黑体字母表示的力只是表示该力矢量的大小, 例如 F 。

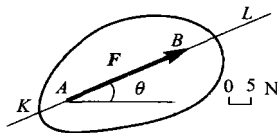


图 1-1 力的表示方法

二、静力学公理

公理, 是无需证明就为大家公认的真理。静力学公理是人们从长期的生产和生活实践对客观现实经过观察、分析、归纳和总结而得出的结论。它揭示了力的一系列基本性质, 是静力学的理论基础。

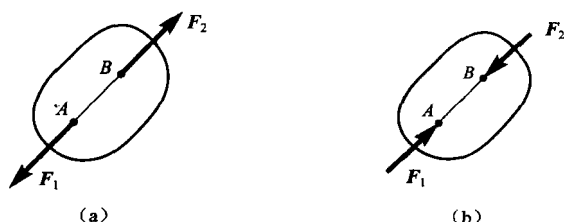


图 1-2 二力平衡公理

公理一 (二力平衡公理)

作用在同一刚体上的两个力,使刚体处于平衡的必要和充分条件是:这两个力大小相等 (等值),指向相反 (反向),作用在同一条直线上 (共线)。如图 1-2 所示。

公理一说明,两个等值、反向、共线的力系构成了最简单的平衡力系。

只受两个力作用而处于平衡的杆件或构件称为二力杆 (或二力构件),如图 1-3 所示,其中 (a) 图为轴向拉杆; (b) 图为轴向压杆。

需要强调的是,二力平衡公理只适用于刚体,不适用于变形体。对于变形体来说,二力平衡公理中的条件只是必要条件而不是充分条件。



图 1-3 轴向拉、压杆

公理二 (加减平衡力系公理)

在作用于刚体上的任一力系中,加上或减去任意一个平衡力系,不会改变原力系对刚体的作用效应。

公理二的正确性是显而易见的,由平衡力系的定义可知,平衡力系不改变刚体的平衡或运动状态。公理二常被用来简化力系和推导一些定理。

同公理一一样,公理二也只适用于刚体。对于变形体来说,加上或减去一平衡力系后,将会引起物体形状的改变。

由前面两个公理可以推导出作用于刚体上力的一个重要性质。

推论 I (力的可传性原理)

作用在刚体上的力可沿其作用线移动到该刚体内的任一点,而不改变力对刚体的作用效应。

问题: 力 F 作用在刚体上的 A 点,现在要将力 F 移至刚体内力作用线上的任意一点 B 。如图 1-4 (a) 所示。

证明:

在 B 点沿 AB 线加上一对平衡力 F_1 与 F_2 , 并令 $F_1 = F_2 = F$, 如图 1-4 (b) 所示, 由于 F_1 与 F_2 为平衡力系, 加上之后并不改变原力 F 对刚体的作用效应, 在 F 、 F_1 和 F_2 组成的力系中, F 和 F_1 也是一个平衡力系, 因此, 除去这两个力, 也不改变 F 对刚体的原有效应。除去 F 与 F_1 后, 剩下一个作用于 B 点的 F_2 。 F 与 F_2 大小相等, 指向相同, 在一条作用线上, 这相当于把原来作用于 A 点的力 F 沿着作用线移到了任意一点 B 。如图 1-4 (c) 所示。

必须注意的是, 力的可传性原理也只适用于刚体, 而不适用于变形体。另外, 力的可传性原理多用于理论的推导和论证, 在研究具体的平衡问题进行受力分析时, 不能应用力的这

一性质将力沿作用线随意移动。

公理三（力的平行四边形法则）

作用在物体上同一点的两个力可以合成为作用于该点的一个合力，它的大小和方向由这两个力的矢量为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。如图 1-5（a）所示。

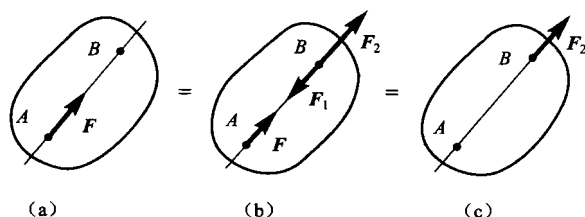


图 1-4 力的可传性原理

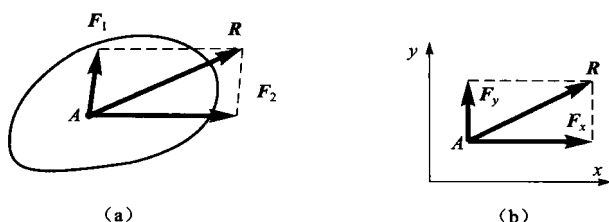


图 1-5 力的平行四边形法则

作用在 A 点的两个力 F_1 和 F_2 与合力 R 的数学关系式为：

$$R = F_1 + F_2$$

上式为矢量表达式，即作用在物体上同一点的两个力的合力 R 等于两个分力 F_1 和 F_2 的矢量和。求解合力 R 的大小和方向时，可以根据力的平行四边形法则应用图解或几何关系求解，这种合成的方法称为几何法。

力的平行四边形法则是力系简化的基础。它表明作用于物体上同一点的两个力可以合成为一个合力；反之，一个力也可以分解为同一平面内的两个分力，但两个分力并不是唯一的，即进行力的分解时必须给定分解方向，否则没有唯一解。

在工程实际中，常把一个力沿直角坐标轴方向分解，从而得到两个相互垂直的分力 F_x 和 F_y ，这样的分解称为力的正交分解。如图 1-5（b）所示。

推论 II（三力平衡汇交定理）

刚体受共面且互不平行的三个力作用而平衡，则此三力的作用线必汇交于一点。

证明：刚体受不平行的三个力 F_1 、 F_2 和 F_3 作用处于平衡状态，A、B、C 分别为三个力的作用点，如图 1-6 所示，应用力的平行四边形法则求出 F_1 和 F_2 的合力 R ，此时，刚体只在两个力 F_3 和 R 作用下处于平衡状态，由二力平衡公理可知 F_3 必与 R 等值、反向、共线，即 F_1 和 F_2 的作用线的交点 O 与 F_3 的作用点 C 共线。因此， F_1 、 F_2 和 F_3 三力的作用线共面，且汇交于一点 O 点。

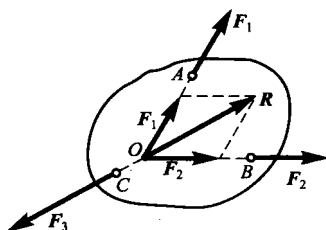


图 1-6 三力平衡汇交定理

公理四（作用力与反作用力定律）

两个物体间的相互作用力，总是同时存在，它们的大小相等，指向相反，沿着同一条直线分别作用在这两个相互作用的物体上。

公理四揭示了任何两个物体间相互作用的关系，不论物体是处于平衡状态还是处于运动状态，也不论物体是刚体还是变形体，公理四都是普遍适用的。公理四表明在相互作用

的物体之间的力总是成对出现，有作用力就必定有反作用力，二者总是同时存在，同时消失。

值得注意的是，公理四容易与公理一——二力平衡公理混淆。作用与反作用力定律中的两个力分别作用在两个物体上，而二力平衡公理中的两个力是作用在同一刚体上的。

一般习惯上将作用力与反作用力用同一个字母表示，其中一个字母加上一撇表示区别。

一物体置于水平面上处于平衡状态，如图 1-7 (a) 所示，现分析各物体所受的力及它们之间的关系。

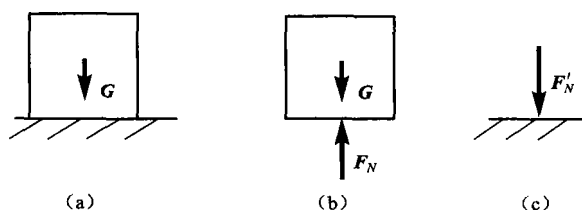


图 1-7 作用力与反作用力定律

G 为物体受到的重力， F_N 为水平面对物体的支承力（法向约束反力，属于光滑面约束，见本章第二节相关内容），如图 1-7 (b) 所示，由于系统静止，所以力 G 与 F_N 必定满足公理一的条件，是平衡力系。 F'_N 为物体对水平面的压力，如图 1-7 (c) 所示，力 F_N 和 F'_N 则

是一对作用力与反作用力。这两对力尽管都是等值、反向、共线的，但它们的物理意义是不同的，即力 G 与 F_N 是作用在同一物体上的平衡力系，而力 F_N 和 F'_N 则是一对作用力与反作用力，它们同时存在，同时消失，分别作用于水平面上和物体上。在以后分析多个物体组成的物体系统的受力情况时，根据作用力与反作用力定律可以把相邻物体的受力关系联系起来，因此，该定律也是分析物体系统问题的基本力学定律。

第二节 物体的受力分析与受力图

物体无论是处于平衡或运动状态，总是与周围其他物体相互联系着的。在研究力学问题时，首先需要了解物体与周围其他物体的机械联系方式和形式，从而掌握其规律，进而能正确分析物体的受力情况并进行进一步的分析和研究。

一、约束与约束反力

按照物体是否与周围其他物体直接接触可将物体分为两类：凡能在空间不受限制地作任意运动的物体称为**自由体**。例如飞行中的气球、子弹等。凡受到周围其他物体的限制，使其沿某些方向的运动或位移受到限制的物体称为**非自由体**。限制非自由体运动的其它物体（条件）称为该非自由体的**约束**。

例如用绳索悬挂的重物、沿铁轨行驶的火车、放置在桌面上的物品等都是非自由体，在这些例子中，绳索是重物的约束、铁轨是火车的约束、桌面是物品的约束，而重物、火车、物品称为被约束物体；绳索、铁轨和桌面则称为约束。约束是通过物体间的直接接触形成的，受到约束的物体就是非自由体。静力学主要研究非自由刚体的平衡问题。

约束既然限制了物体的运动，改变了物体的运动状态，那么，约束对物体必然有力的作用。约束作用在被约束物体上的力称为**约束反力**简称**约束力**。

约束反力的作用点在约束与被约束物体相互接触处，约束反力的方向总是与约束所能限制的运动方向相反，约束反力的大小则需要根据平衡条件来确定。

二、作用在物体上力的分类

1. 按照是否是引起物体运动的原因分类

(1) 主动力：促使物体有运动或具有运动趋势的力，工程上也称为**载荷**，如重力、水压力、土压力、风力等。

(2) 被动力：由主动力的作用引起的，也就是约束反力。因此，约束反力也称**被动力**。约束反力随主动力的改变而改变，一般是未知的。在静力学所研究的问题中，主动力是作为已知条件给出的，被动力是需要求解的对象，因此，静力学的核心问题是根据平衡条件求解约束反力。

2. 载荷按照作用范围分类

(1) 集中载荷：如果载荷的作用范围与结构尺寸相比很小，则可认为其作用在一点。集中载荷包括集中力和集中力偶。

(2) 分布载荷：也称分布力。载荷作用的范围比较大且不可忽略。分布载荷包括体积分布载荷（在体积中分布的力）、面积分布载荷（在面积上分布的力）和线分布载荷（在长度上分布的力）。

3. 载荷按照作用性质分类

(1) 静载荷：由零开始逐渐缓慢地加在物体上的力，作用到物体上后，力的大小、方向不再改变。

(2) 动载荷：加力过程中物体有明显的加速度产生，作用到物体上后，力的大小、方向会发生改变。

本书主要讨论的是静载荷中的集中载荷和线分布的均布载荷。

三、约束类型与约束反力

约束反力除了与作用在物体上的主动力有关外，还与约束本身的性质有关。工程中实际约束的形式和结构是各式各样的，通常是将工程中常见的约束理想化，归纳为几种基本类型，掌握这些基本类型约束反力的表达是绘制受力图进而应用平衡方程求解约束反力的关键，下面就介绍几种常见的典型平面约束和各种约束的特性以及约束反力的确定方法。

1. 柔性体约束

由绳索、链条、皮带等柔性体对物体构成的约束称为**柔性体约束**。因柔性体只能承受拉力，不能承受压力，即只能限制物体沿柔性体伸长方向的运动，因此，**柔性体对物体的约束反力只能是拉力**，作用在物体的连接点处，作用线沿柔性体的中心线，指向背离物体。即沿柔性体的中心线而背离物体。用 F_T 表示。

如图 1-8 (a) 所示，起吊重物时，A、B 两处绳索的约束反力分别为 F_{TA} 、 F_{TB} 。又如图 1-8 (b) 所示的带传动中，带对主动带轮 O_1 和从动带轮 O_2 的拉力分别为 F_{T1} 、 F_{T2} 和 F'_{T1} 、 F'_{T2} 。 F_{T1} 与 F'_{T1} 、 F_{T2} 与 F'_{T2} 为作用力与反作用力。

2. 光滑面约束

两物体的接触可能是面接触或是点、线接触。

当忽略两物体接触处的摩擦力时，它们的接触就可认为是光滑的。不考虑摩擦的接触面（点、线）约束称为**光滑面约束**。这类约束的特点是不能限制物体沿接触处公切线任何方向