



世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

机械工程力学

主编 董淑红



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

机械工程力学

主 编 董淑红

副主编 姬翠萍 张慧绒

主 审 张耀明

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

机械工程力学/董淑红主编. —北京:北京邮电大学出版社, 2009

ISBN 978 - 7 - 5635 - 1858 - 6

I. 机… II. 董… III. 机械工程学:工程力学 IV. TH113

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 045154 号

书 名 机械工程力学

主 编 董淑红

责任编辑 周 堃 李 欣

出版发行 北京邮电大学出版社

社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876

经 销 各地新华书店

印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 960 mm 1/16

印 张 13.25

字 数 269 千字

版 次 2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5635 - 1858 - 6

定 价 19.80 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系 电话:(010)82551166 (010)62283578

E-mail:publish@bupt.edu.cn

Http://www.buptpress.com

版权所有 侵权必究

出版说明

本书是为了适应中等职业技术教育的教学需要,根据中等职业教育教学内容、学时、教学大纲的要求编写的。本书在编写过程中本着“明晰概念原理,减少理论推导,强化工程实践”的原则,对课程内容进行了精心的编排,前后衔接,形成了一个较完整的工程力学体系。本书在编写过程中:(1)力求做到概念严谨、文字简明、图形清晰、内容精炼;(2)注重理论与实践相结合,引用了大量工程实例,通过分析研究,增加学生对力学知识在工程实践中具体应用的感性认识,培养和提高他们解决工程实际问题的能力;(3)突出教材的先进性,编入了较多的新知识、新技术、新工艺、新材料、新成果;(4)为使教师便于教授,使学生易于学习,每模块前提示了教学目标,模块后附有知识拓展、小结、思考题、习题等;(5)每模块后都附有精选的阅读材料,目的是激发学生学习积极性,培养创新思维和创新精神。

本书分为三个单元:第一单元静力分析,包括静力分析基础、平衡方程及其应用;第二单元机械零部件的承载能力分析,包括材料失效和机械零部件失效、杆件拉伸和压缩时的强度与变形、梁的强度和刚度、圆轴扭转时的强度和刚度、压杆稳定;第三单元运动及动力分析初步,包括点和刚体的基本运动、点和刚体的合成运动、刚体绕定轴转动的动力分析。

本书可作为中等职业技术学校机电专业70~90学时“机械工程力学”教材,也可作为相关专业人员和相关技术人员的参考用书。

本书由董淑红担任主编,姬翠萍、张慧绒担任副主编。

本书由张耀明担任主审。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请广大师生和读者不吝提出批评指正,在此深表感谢。

编者

目 录

绪 论	1
第一单元 静力分析	4
模块一 静力分析基础	4
课题1 静力分析的基本概念	5
课题2 静力分析公理	8
课题3 力的投影	13
课题4 力矩与力偶	15
课题5 约束与约束反力	21
课题6 物体的受力分析与受力图	26
模块二 平衡方程及其应用	36
课题1 平面基本力系的平衡方程及其应用	36
课题2 平面任意力系的平衡方程及其应用	40
课题3 考虑摩擦时的平衡问题	47
第二单元 机械零部件的承载能力分析	61
模块三 材料失效和机械零部件失效	64
课题1 内力与应力	65
课题2 工程中常用材料在轴向载荷作用下的力学性能	66
课题3 材料与机械零部件的失效	74
模块四 杆件拉伸和压缩时的强度与变形	80
课题1 杆件拉伸和压缩时横截面上的内力	80
课题2 杆件拉伸和压缩时横截面上的应力及强度计算	84
课题3 杆件拉伸和压缩时的变形	89
模块五 梁的强度和刚度	101
课题1 直梁弯曲时的内力—剪力和弯矩	101
课题2 直梁弯曲时的正应力及强度计算	107
课题3 梁弯曲时的变形和刚度条件	118

模块六 圆轴扭转时的强度和刚度	129
课题1 圆轴扭转时的内力—扭矩	129
课题2 圆轴扭转时的应力及强度条件	133
课题3 圆轴扭转时的变形和刚度条件	138
模块七 压杆稳定	148
课题1 压杆稳定性的概念及实例	148
课题2 压杆的临界力和临界应力	150
课题3 提高压杆稳定性的措施	153
第三单元 运动及动力分析初步	160
模块八 点和刚体的基本运动	160
课题1 点的运动分析	161
课题2 刚体的基本运动	163
模块九 点和刚体的合成运动	173
课题1 点的合成运动	173
课题2 刚体的平面运动	176
模块十 刚体绕定轴转动的动力分析	184
课题1 刚体绕定轴转动的动力学基本方程	184
课题2 转动惯量	185
课题3 刚体绕定轴转动的动力学基本方程的工程应用	188
附录 A	195
金属材料静拉伸实验	195
机械工程力学实验报告	197
附录 B	199
型钢表	199

绪 论

一、力学发展简史

力学知识最早起源于人们对自然现象的观察和在生产劳动中的经验。两千年前人们在建筑、灌溉等劳动中使用杠杆、斜面、辘轳等简单机械,逐渐积累起对平衡物体受力情况的认识。后来古希腊科学家亚里士多德(前 384 ~ 前 322)提出了杠杆平衡问题,而阿基米德(前 287 ~ 前 212)总结出杠杆原理、浮力定理、物体平衡原理、物体重心的求法等,对静力学原理作了系统研究。虽然这些知识尚属力学科学的萌芽,但在力学发展史中应有一定的地位。

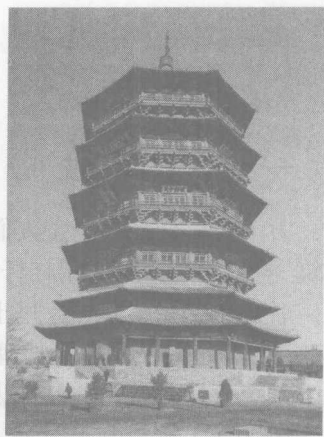
16 世纪以后,由于航海、战争和工业生产的需要,力学得到了真正的发展。以伽利略(1564 ~ 1642)为代表的物理学家对力学进行了广泛的研究,确定了自由落体规律、惯性定律、力与加速度关系定律、力的独立作用原理等。1610 年,伽利略根据自己的观测宣布哥白尼“日心说”是正确的,并于 1632 年发表了著作《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》,因而触怒了罗马教廷,被判处无期徒刑。在狱中,伽利略仍然坚持科学研究,于 1638 年托朋友在荷兰莱登出版了世界上第一本材料力学教材《关于力学和运动两种新科学的谈话》(简称《两种新科学》),首先提出了材料的力学性质和强度计算方法。书中他将数学知识应用于表述物理的途径,为力学的发展开辟了全新的途径,同时还提出了位移、速度和加速度的基本概念,在科学发展史上作出了重大贡献。

17 世纪后期到 19 世纪初,是力学发展的极盛时期,英国科学家胡克在 1678 年发表了他的重要物理定律,即胡克定律。此后法国的科学家泊松、力学家圣维南以及工程师纳维埃等对弯曲理论、扭转理论、稳定理论以及材料实验作出的卓越贡献,丰富、发展和完善了材料力学这门学科,他们对科学的献身精神为后人所敬仰。在这个基础上,经过笛卡儿、惠更斯等的努力,最后由英国科学家牛顿(1642 ~ 1727)博采众长,以其丰富的想像力和严密的科学性,从理论上对力学中的问题进行了全面系统的总结,于 1687 年在他的名著《自然哲学的数学原理》中,完整地提出了动力学的三个基本定律(即牛顿三定律)和万有引力定律,从而确立了经典力学体系。随后,经过伯努利(1667 ~ 1748)、达朗伯(1717 ~ 1785)、拉格朗日(1736 ~ 1813)等人的推广和完善,形成了系统的理论,取得了广泛的应用并发展出了流体力学、弹性力学和分析力学等分支。

19 世纪到 21 世纪以来,科学技术的发展更加迅猛,力学与其他学科相互渗透,使得力学的分工越来越细,出现了更多的以材料力学、结构力学、弹性力学和塑性力学为基础的固体力学分支。例如计算力学、断裂力学、疲劳粘弹性力学、散体力学、复合材料力学、实验固体力学等。而这些学科的发展又反过来促进了宇宙飞行、石油勘探、喷气技术、大型水利工程

等一系列力学问题的解决。

我国是世界上最早记载有关力学理论的国家,早在亚里士多德之前,墨子(前 468 ~ 前 376)所著的墨经中就有了关于力的概念和杠杆平衡原理的论述,直到 15 世纪以前的很长时期,我国在力学方面的应用与发展都遥遥领先于西方。如汉朝的张衡(78 ~ 139)在公元 132 年发明了“地动仪”,这台地动仪相当灵敏准确。公元 138 年的一天,地动仪精确地测知距离洛阳一千多里的陇西发生地震,表明他的精密程度达到了相当高的水平。欧洲在 1880 年才制造出类似的地震仪,比张衡晚了一千七百多年。三国时代的马钧(235 ~ ?)发明了“指南车”。又如山西应县的木塔,建于 1056 年,塔高 66m,全木构架,采用 50 多种斗拱。经历了近千年的狂风暴雨、大地震的考验,至今仍完好如初,实为世界建筑史上的一大奇迹。



山西应县木塔

再如 13 世纪初我国劳动人民发明了火箭,并在作战中应用。13 世纪后半叶忽必烈率军东征日本、西征欧洲各国时火箭作为秘密武器,所向披靡,但直到 200 年之后的 15 世纪,世界上才广泛知道火箭。后来由于封建的僵化统治,特别是 19 世纪之后帝国主义列强的侵略,我国生产力发展迟缓,力学的发展逐渐落后于西方。新中国成立后,随着社会主义建设事业的蓬勃发展,力学的研究及其应用得到了迅速发展,如我国自行设计建造的新安江水电站、南京长江大桥及三峡工程等都是举世瞩目的伟大工程。又如在航天技术方面,自 1970 年以来,我国已向太空发射了 70 多颗各种不同用途的卫星,如气象卫星、返回式侦察卫星、导航卫星、同步卫星等。自 1999 年以来,“神舟号”飞船连续七次飞行实验获得圆满成功。特别是让世人惊叹的“神舟”五号载人飞船于 2003 年 10 月 15 日成功发射升空,这次发射是人类探索太空史上的一次重大成就,标志着继俄罗斯和美国之后,中国成为世界上第三个将人类送入太空的国家。



中国航天员翟志刚太空行走

2008 年 9 月 25 日“神舟”七号载人飞船成功发射,中国航天员翟志刚进行了中国人的第一次太空行走,这就意味着中国朝着建设太空实验室或空间站的目标又迈进了一大步,这标志着我国的航天技术已进入世界先进行列。这些成就表明我国的力学研究已进入一个新的发展时期。

二、机械工程力学所要研究的问题

机械工程力学是一门与工程技术联系非常紧密的技术基础课。机械设备都是由若干构件组成的,当机械工作时,各个构件都要受到力的作用。作用将产生两种效应:一是使构件运动状态发生变化,称为运动效应;二是使构件的尺寸和形状发生变化,称为变形效应。当作用力过大时,构件将产生过大的变形,甚至导致其不能正常工作而失效。那么如何分析计算构件的受力情况、运动情况,以便为其选择适当的材料,确定合理的截面形状尺寸,以保证构件安全可靠地工作。这就是机械工程力学所要研究的问题。

本书的主要内容可分为三单元:

第一单元 静力分析 主要研究构件的受力分析,力系平衡的规律,建立各种力系的平衡方程及应用。

第二单元 机械零部件的承载能力分析 主要研究构件在力的作用下变形和破坏的规律,在保证构件具有足够的强度、刚度和稳定性条件下,为设计既安全又经济的构件提供必要的理论基础和计算方法。

第三单元 运动及动力分析初步 主要研究构件运动的规律,分析构件运动改变的原因,建立构件的运动改变与其上作用力的关系。

总之,机械工程力学是研究物体在力的作用下的平衡规律、运动规律、承载能力的一门学科。

三、学习机械工程力学的目的

1. 解决工程实际问题

机械工程力学所研究的是力学中最普遍最基本的规律,有许多机械工程的实际问题,可以直接应用机械工程力学的基本理论去解决,有些比较复杂的机械工程技术问题,则需要用机械工程力学和其他专门知识来共同解决。

2. 为学习其他课程打基础

工程力学是现代工程科学技术的理论基础之一,它的基本理论和研究方法广泛运用于各种技术之中,如机械基础、机械制造工艺基础、车工工艺、钳工工艺等课程都是以工程力学为基础的。

3. 提高学生分析问题和解决问题的能力

工程力学的研究方法具有典型性,即“实践—抽象—理论—实践”。通过研究,有助于培养观察、分析、综合、归纳的能力,有助于辩证唯物主义世界观的形成,有助于培养创新能力,为今后解决生产实际问题和进一步提高技能打下基础。

另外,本书中还附带了阅读材料,介绍力学发展史以及各个阶段的力学名人、力学巨作,展现了力学的发展对科学技术的飞跃和人类科学思维的形成所起到的巨大作用。通过学习,不仅能够丰富知识,更能激发学习热情、启发科学的思维方法、培养创新能力。

第一单元 静力分析

静力分析用来研究物体在力系作用下的平衡问题。平衡是指物体相对于地球静止或保持匀速直线运动的一种状态。工程中有许多机器的零件和构件在工作时处于平衡状态或近似地看作处于平衡状态。为了确保这些零件和构件使用时的安全性和经济性,往往需要通过对它们的强度、刚度和稳定性进行分析计算,合理地设计它们的形状、尺寸及选用恰当的材料。为此,必须首先运用静力学知识,对零件和构件进行受力分析,并根据平衡条件求出未知力。此外,静力学知识还可直接用来解决工程技术中的许多力学问题。

本单元主要研究三个问题:

1. 物体的受力分析

在工程实际中,为了清晰地表示物体的受力情况,需要把所研究的物体从所受的约束中分离出来,单独画出它的简图,然后在它上面画上它所受的全部主动力和约束反力。难点是对约束反力的分析,一定要按照约束类型来画,准确地画出约束反力的作用点和方向。

2. 力系的简化

同时作用于物体上的一组力,称为一个力系。如果两个力系分别作用于同一物体且作用效果相同,则这两个力系互称为等效力系。用一个简单力系等效地替换一个复杂力系的过程称为力系的简化。

3. 力系的平衡条件及其应用

如果物体在力系作用下处于平衡状态,这样的力系称为平衡力系,此力系所满足的条件称为力系的平衡条件。应用力系的平衡条件,即可解决工程实际中的静力平衡问题,主要是计算作用在物体上的未知力。

模块一 静力分析基础



学习目标

1. 理解平衡、刚体和力等概念。
2. 深刻理解静力分析的几个重要公理。
3. 理解力矩和力偶的概念及力偶的性质。
4. 掌握力在坐标轴上的投影、合力投影定理、合力矩定理。
5. 熟悉几种常见的基本类型约束的构造和特征,掌握约束反力的方向。
6. 掌握对物体进行受力分析的基本方法,能够正确画出研究对象的受力图。

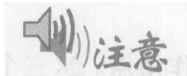
课题1 静力分析的基本概念

一、平衡的概念

平衡是指物体相对于地球静止或保持匀速直线运动的一种状态,是物体机械运动的特殊形式。事实上,运动是物体的固有属性,物体的平衡总是相对的。例如固定于地面上的机床床身,只是相对于地球处于静止状态,实际上是随着地球在宇宙空间以极高的速度运行着的。一般情况下,我们所说的平衡总是相对地球而言。

二、刚体的概念

静力学研究的对象是刚体。所谓刚体是指在力的作用下形状和大小都保持不变的物体。显然,这是一个理想化的力学模型。实际上任何物体受力后都会发生不同程度的变形。但工程中的机械零件和构件在正常情况下的变形都非常微小,微小的变形对物体的机械运动影响很小,可以忽略不计,因而可以把实际物体看成刚体。然而当物体的变形对所研究的问题影响较大时,就不能再将物体看成刚体,即使变形很小也应考虑,不能忽略不计。



第一单元静力分析和第三单元运动及动力分析初步中研究的对象是刚体;第二单元机械零部件的承载能力中研究的对象是可变形固体。

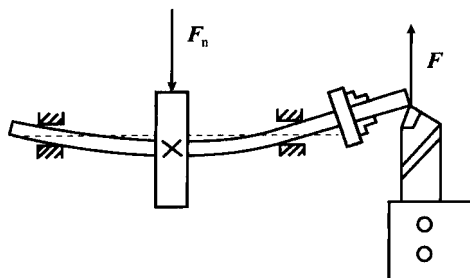
三、力的概念

人们在长期的生活和生产实践中,逐步形成了力的概念。最初力是从推车、提水、拉锯等劳动中,肌肉感到紧张而得出来的。随着生产的发展,人们又逐渐认识到,物体的机械运动状态的改变和物体产生变形,都是由于其他物体对该物体施加力的结果。如图1-1(a)所示,足球由静止变为高速运动,原因是受福娃一脚所给的力;如图1-1(b)车床主轴发生弯曲变形,原因是受到车刀等的作用力。这样由感性到理性,逐步建立了抽象的力的概念。

力是物体间相互的机械作用,这种作用的效果是使物体的机械运动状态发生改变,同时使物体产生变形。



(a) 球被踢后,由静止变为运动状态



(b) 轴受力后发生形变

图 1-1 力的外效应和内效应

1. 力的效应

物体间相互的机械作用大致可以分为两类:一类是接触作用,如摩擦力、拉力;另一类是“场”对物体的作用,如重力、电磁力。尽管各种物体间的相互作用力来源和性质不同,但是力对物体产生的效应是相同的。一般可分为两种,即引起物体机械运动状态的改变和使物体产生的变形。前一种称为力的**外效应或运动效应**,例如物体运动速度的大小或方向的改变,都属于运动状态改变,是第一单元静力分析和第三单元运动及动力分析初步研究的内容;后者称为力的**内效应或变形效应**,如杆件的伸长和缩短,是第二单元机械零部件的承载能力分析研究的内容。

2. 力的三要素

实践表明,力对物体的作用效应取决于三个要素:**力的大小、方向和作用点**。这三个要素称为力的三要素。当这三个要素中任何一个发生改变时,力将改变,力的作用效应也将改变。

(1) **力的大小** 力的大小反映物体间相互作用的强弱程度。力的大小可以用测力计(弹簧秤)来测量。在国际单位制中,力的单位为牛顿(N)。

(2) **力的方向** 力的方向包括力的方位和指向两个含义。例如,某力的方向是水平向左,则水平是力的方位,向左是力的指向。

(3) **力的作用点** 力的作用点是指力在物体上的作用位置。

力的三要素表明力是一个矢量,可用有向线段表示。如图 1-2 所示,线段的长度(按一定的比例尺)表示力的大小,线段的箭头表示力的方向,线段的起点或终点表示力的作用点。通过力的作用点,沿力的方向的直线,叫做力的作用线。该直线表示力在空间的方位。力矢量的文字符号常用大写黑体字母 F 或 $\vec{F}$ 表示,前者便于印刷,后者便于书写,而对应的普通字母 F 表示该力的大小。

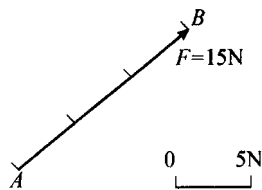


图 1-2 力的三要素



工程实例

在机床上加工工件前,必须正确装夹工件,即包含定位和夹紧两个过程。定位是使工件在夹紧装置中占有正确位置。夹紧是通过夹紧装置把工件夹紧,使工件在加工过程中始终固定在正确位置上。夹紧装置的核心是正确施加夹紧力。夹紧力由力的作用方向、作用点和大小三个要素来体现。正确选择夹紧力的作用点是非常关键的,只有选择合适才能保证工件定位稳固而不致引起工件位移或偏转。如图 1-3 所示是利用压板夹紧装置对工件进行夹紧。图 1-3(a)所示作用点选择错误,图 1-3(b)所示作用点选择正确。

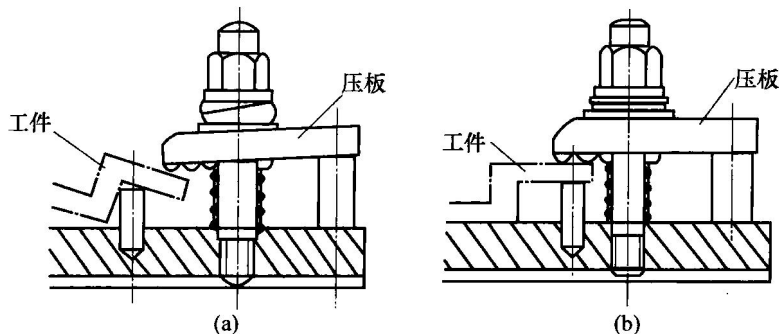


图 1-3 夹紧力作用点

3. 集中力和均布力

两个物体间产生力,一般是通过两物体直接或间接接触进行的,接触形式不外乎是点、线、面。如果接触的线、面很小,则可以将其抽象为一点,这时的作用力称为**集中力**;如果接触的线、面比较大而不能忽略时,则力分布在整個接触线或面上,称为**分布力**。如果力均匀分布,这时的作用力称为**均布力**,用单位长度上的力(载荷集度) q 来表示,其单位是 N/m 。

如图 1-4(a)所示汽车通过桥面时,两轮与桥面接触,其作用面积很小,此时汽车给桥面的力称为集中力;图 1-4(b)所示桥面施加在梁上的力是沿着桥梁长度连续均匀分布的,称为均布力。

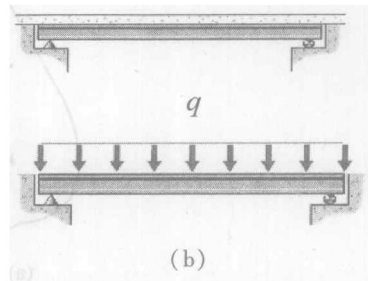
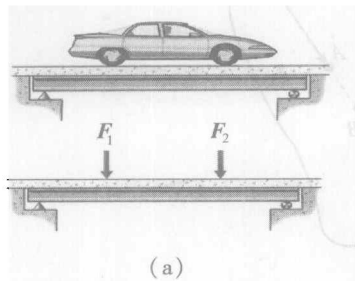
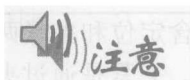


图 1-4 集中力与均布力



(1) 力不能脱离物体单独产生或存在。即有力存在,就必定有施力物体和受力物体。在分析物体受力情况时,必须搞清楚哪个是受力物体,哪个是施力物体。

(2) 力总是成对出现的。即有作用力,就必有其反作用力。

四、力系的概念

在工程上,往往有几个力同时作用在一个物体上的情况。同时作用于物体上的一组力,称为一个力系。

力系按作用线分布情况的不同可分为下列几种:力系中各力的作用线位于同一平面,称为平面力系,否则称为空间力系。如果物体在力系作用下处于平衡状态,这样的力系称为平衡力系。平衡力系中的任一力对于其余的力来说都称为平衡力。如果两个力系分别作用于同一物体且作用效果相同,则这两个力系互称为等效力系。若一力系与一力等效,则此力就称为该力系的合力,而力系中的各力,则称为此合力的分力。用一个简单力系等效地替换一个复杂力系的过程称为力系的简化,力系简化的目的是简化物体受力,以便于进一步分析。

课题2 静力分析公理

公理是人们在生活和生产实践中长期积累的经验总结,又经过实践反复检验,被确认是符合客观实际的最普遍、最一般的规律,它无须证明而为人们所公认。静力分析公理是人们关于力的基本性质的概括和总结,它们是静力学全部理论的基础。

公理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要条件是:该两力的大小相等、方向相反,且在同一直线上(简称等值、反向、共线),如图1-5所示。

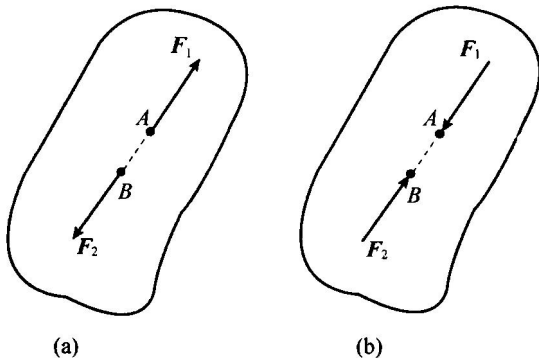


图1-5 二力平衡条件

用矢量表示:

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

二力平衡公理揭示了作用于刚体上的最简单的力系平衡时所应满足的条件,它是推导力系平衡条件的基础。

工程中常有一些仅受两个力作用而处于平衡状态的构件,称为**二力构件**。如果构件为杆件,则称为**二力杆**。二力杆可以是直杆,如图1-6(b)所示;也可以是曲杆,如图1-7(b)所示。根据二力平衡原理,二力杆所受的两个力必定沿着两个作用点的连线。这一性质在对物体进行受力分析时极为有用。

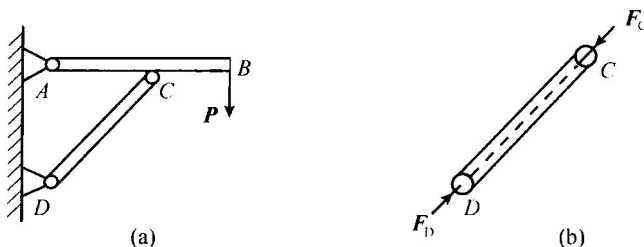


图1-6 二力杆CD为直杆

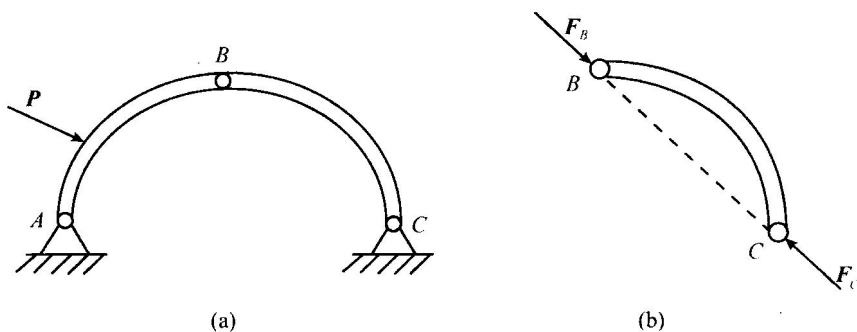


图1-7 二力杆BC为曲杆



对于刚体,上述二力平衡条件是充分必要的,而对于变形体,二力平衡条件只是必要的,但不充分。如图1-8(a)所示的绳索,当其两端受到等值、反向、共线的拉力时,可以平衡;如图1-8(b)所示的绳索,当其两端受到等值、反向、共线的压力时,则不能平衡。

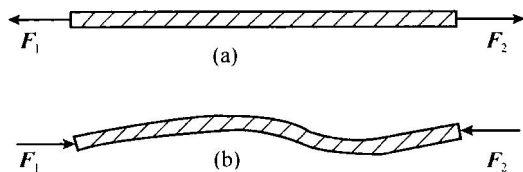


图1-8 二力平衡公理的使用范围

公理2 作用与反作用公理(又称牛顿第三定律)

两个物体间的相互作用力总是同时存在,并且大小相等,方向相反,沿着一条直线分别作用于两个物体上。如图1-9(b)所示 F_T 和 F'_T 是一对作用与反作用力。

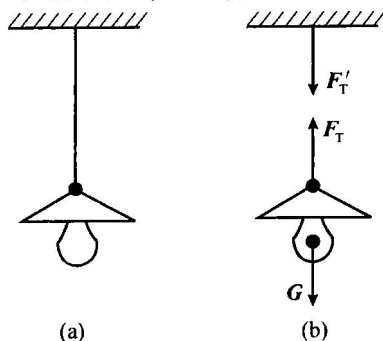


图1-9 作用与反作用力

作用与反作用公理揭示了物体间的相互作用的关系,表明作用力与反作用力总是成对出现的。根据这个公理,已知作用力则可知反作用力,两者总是同时存在,同时消失。它是分析物体受力时必须遵循的原则,因为机械中动力的传递,都是通过机械零部件之间的作用与反作用的关系而实现的,借助于这个公理,我们才能从机械的一个零部件的受力分析过渡到另一个零部件的受力分析。所以作用与反作用公理为研究物体系的受力分析提供了基础。



作用与反作用公理与二力平衡公理的本质区别:前者描述两物体间的相互作用的关系,后者叙述作用在同一物体上两力的平衡条件;前者中的二力分别作用在两个相互作用的物体上,后者中二力则作用在同一物体上。如图1-10(b)所示平面上的钢球的受力, F_N 和 F'_N 是一对作用与反作用力, F'_N 和 G 是一对平衡力。

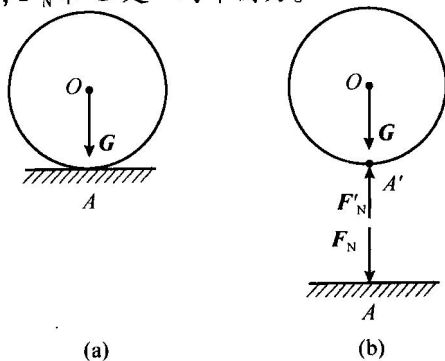


图1-10 平面上的钢球

公理3 加减平衡力系公理

在作用着已知力系的刚体上,加上或减去任意一个平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效果。加减平衡力系公理是研究力系等效替换的重要理论依据。

推论1 力的可传性原理:作用在刚体上某点的力,可沿着它的作用线移动到刚体内任意一点,并不改变它对刚体的作用效果。

证明:设力 F 作用在如图 1-11(a) 所示的刚体的 A 点,若在力 F 的作用线上任一点 B 加上一平衡力系 F_1 、 F_2 ,且使 $F = F_2 = -F_1$,如图 1-11(b) 所示,则 F 与 F_1 又构成一平衡力系,将此力系去掉后,可得到作用于 B 点的力 F_2 ,如图 1-11(c) 所示。于是,原作用于 A 点的力 F 沿其作用线移到 B 点,而不改变原力对刚体的效应。

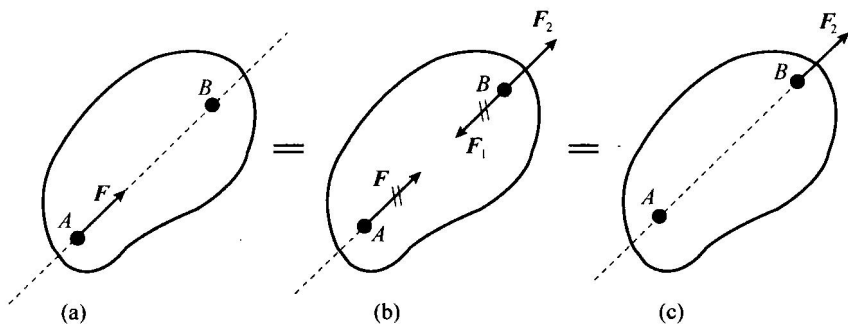


图 1-11 力的可传性

根据力的可传性,力对刚体的效应与力的作用点无关。因此,对于刚体来说,力的三要素是力的大小、方向和作用线。在这种情况下,力矢可沿其作用线任意滑动,成为滑动矢量。



- (1) 力的可传性原理只适用于刚体,而不适用于变形体。
- (2) 力在移动过程中必须沿着作用线移动。
- (3) 力在移动后必须作用在原刚体上,不能移动到其他刚体上去。

公理4 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。合力的作用点也在该点,合力的大小和方向,由这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线确定。

设在物体的 A 点作用有力 F_1 和 F_2 ,以这两个力为邻边作出平行四边形,则从 A 点作出的对角线就是 F_1 与 F_2 的合力 F_R ,如图 1-12(a) 所示。写成矢量表达式为:

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-2)$$

读作:合力 F_R 等于分力 F_1 与 F_2 的矢量和(或几何和)。

力的平行四边形公理反映了力的方向性的特征。矢量相加与数量相加不同,必须用平