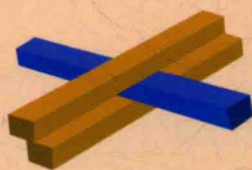
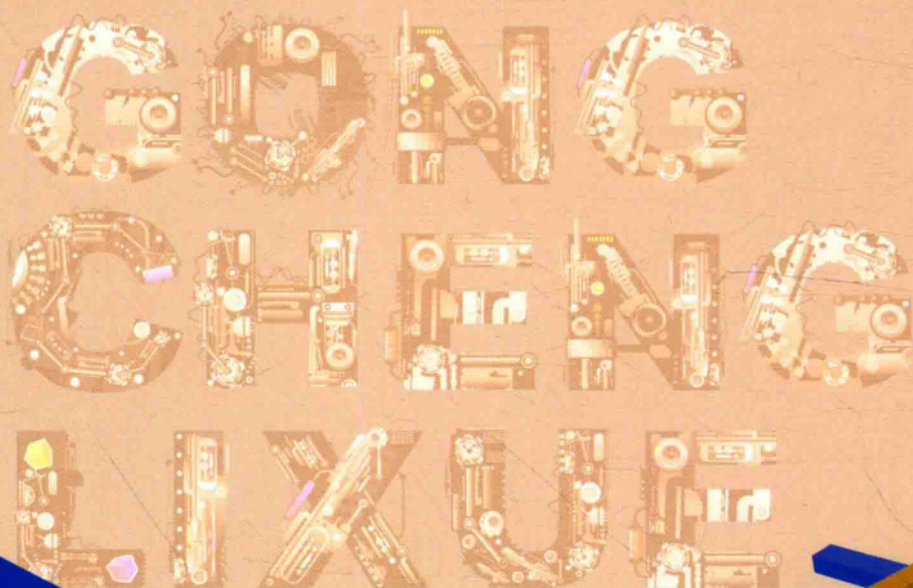




高等职业教育“十三五”规划教材



工程力学

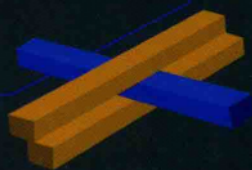
王伟 主编



中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

GONG
CHENG
LIXUE

工程力学



上架建议：工程管理

了解更多...



中国轻工业出版社二维码

ISBN 978-7-5019-8860-0



9 787501 988600 >

定价：33.00 元

高等职业教育“十三五”规划教材

工程力学

主 编 王 伟
副主编 赵利民 王 波 夏良生
参 编 王家珂 赵力电 庄 蕾
戴红霞 范 曾 王 新
主 审 刘伯玉

图书在版编目 (CIP) 数据

工程力学/王伟主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2017. 8
高等职业教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5019-8860-0

I. ①工… II. ①王… III. ①工程力学—高等职业教育—教材
IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 316526 号

责任编辑: 张文佳 责任终审: 孟寿萱 整体设计: 锋尚设计
责任校对: 吴大鹏 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2017 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 13

字 数: 320 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-8860-0 定价: 33.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

161285J2X101ZBW

前 言

为了更好地贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》相关精神,高职院校必须加强教材建设,教材建设是高职院校教育教学工作的重要组成部分,也是其强化内涵建设的重要体现,直接关系到高职教育能否为一线工作岗位培养符合要求的高素质技术技能人才。本书借鉴了各大高职院校近年来在工程力学课程内容和课程体系方面改革的经验,希望能够用有限的学时,使学生在掌握力学基本知识的同时,又能够了解其在工程中的应用方法,具备一定的综合分析能力,为后续专业课的学习打下坚实的基础,充分发挥基础课的作用,为专业课的改革提供一定的参考。

本书内容共分为两大部分,第一部分为理论指导,共包括三个项目:项目一为力学基础,介绍静力学基本知识、约束与约束反力以及物体的受力分析方法,培养学生对常见工程构件进行受力分析的能力;项目二为力系分析,主要介绍平面汇交力系、平面力偶系、平面任意力系及空间力系的合成及平衡问题,培养学生对机械零部件、结构、工程中的应用进行受力分类计算的初步能力;项目三为变形分析,重点是构件的承载能力及稳定性校核,介绍材料力学的基本概念、拉压变形、剪切和挤压变形、扭转变形、直梁弯曲变形、组合变形及压杆稳定分析等内容,培养学生初步掌握构件承载能力及稳定性的计算校核方法,具备对简单工程实际问题综合性分析与初步定量分析的能力;第二部分为实验指导,共包括六个基本实验和六个选择、开发性实验。

本书为校企合作教材,针对高职教育教学的特点,结合企业工程实例,通俗易懂,以项目式教学展开,以应用为主,突出实用性、典型性和可操作性,着力于学生应用能力方面的培养。每个任务后面都配有思考与练习,以巩固学生的学习效果。

本书由王伟任主编,赵利民、王波、夏良生(扬力股份集团有限公司)任副主编,王家珂、赵力电、庄蕾、戴红霞、范曾、王新等参与编写,刘伯玉主审。其中,绪论由王家珂编写,项目一由庄蕾、戴红霞、夏良生共同编写,项目二由王波、赵力电、王新共同编写,项目三由王伟编写,第二部分由叶莉、许晓东、帅率、段建、潘毅、孙健等编写。全书由王伟统稿。

本书选用了同类教材的部分例题和习题,在此向文献的诸位作者表示衷心的感谢。在编写过程中,得到扬州工业职业技术学院领导和同事的大力支持,在此表示感谢,由于编者水平有限,书中存在疏漏和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2017年6月

目 录

第一部分 理论指导

绪 论	1
项目一 力学基础	3
任务1 静力学公理	3
任务2 约束与约束反力	9
任务3 刚体的受力分析	15
项目总结	18
项目二 力系分析	19
任务1 平衡汇交力系的合成与平面	20
任务2 平衡力偶系的合成与平面	29
任务3 平面任意力系的合成与平衡	38
任务4 空间力系的合成与平衡	56
项目总结	64
项目三 变形分析	67
任务1 材料力学的基本概念	68
任务2 轴向拉伸和压缩变形	71
任务3 剪切与挤压变形	89
任务4 圆轴扭转变形	96
任务5 直梁弯曲变形	112
任务6 组合变形	139
任务7 细长压杆的稳定性分析	150

第二部分 实验指导

实验一 拉伸实验	159
实验二 压缩实验	165
实验三 电测法测弹性模量 E 和泊松比 μ 实验	169
实验四 扭转实验	172
实验五 测 G 实验	177
实验六 矩形截面梁纯弯曲正应力实验	181
实验七 弯扭组合主应力电测实验	185
实验八 冲击试验	188
实验九 疲劳试验	191
实验十 等强度梁正应力测定	194

实验十一 应变片粘贴实验 196

实验十二 复合梁弯曲正应力测定 198

参考文献 200

第一部分 理论指导

绪 论

工程力学是一门研究物体机械运动一般规律和有关构件的强度、刚度、稳定性理论的学科。工程力学既是基础学科，又直接面向工程实际应用，是一门理论性与实践性都较强的学科。它所涵盖的内容十分丰富，在工程技术领域有着广泛的应用。

一、工程力学的内容与任务

机械设备或工程结构中，存在着大量称之为构件的物体，如结构的元件、设备与机器的零件。它们有的处于静止状态，有的在作机械运动。机械运动是指物体在空间的位置随时间而改变，静止是机械运动的特例。当设备或结构传递运动或承受载荷时，各个构件都要受到力的作用，构件在外力作用下形状和尺寸的改变称为变形，构件在外力作用下丧失正常工作能力的现象称为失效或破坏。

为了保证构件的正常工作，即保证其具有必要的承载能力，首先需要对构件所受的外力进行分析。外力分析主要是分析构件（物体）共受几个力的作用，每个力作用的位置与方向，同时还要研究物体保持“平衡”（静止是平衡的一种）时，所受各力之间应满足的关系。这些知识是研究物体机械运动及其承载能力的基础。在确定了作用在构件上的外力后，还要进一步研究构件的内部受力、变形及其失效规律，从而建立保证构件正常工作的准则或条件，为构件选用合适的材料，确定合理的截面形状和尺寸，以保证构件既能安全可靠地工作又符合经济要求。

综上所述，工程力学是工程设计的基础，其任务概括起来可分为两个方面：

（1）研究物体的机械运动与所受力之间的关系。包括研究力的一般性质，力系的简化，物体在力系作用下的平衡规律，以及物体运动状态改变与其所受力之间的关系。

（2）研究物体变形与所受力之间的关系。研究物体在外力作用下变形和破坏的规律，为解决构件的安全与经济的矛盾提供基本理论和计算方法。

二、工程力学的研究方法

任何正确的科学研究方法，一定要符合辩证唯物主义的认识论，工程力学也必须遵循这个认识规律。工程力学的研究方法是实验观察—建立模型—理论分析—实验（实践）验证，这是自然科学研究问题的一般方法。

首先，通过观察生活和生产实践中的各种现象，进行多次科学实验，经过分析、综合

与归纳，总结出力学最基本的规律。纵观力学发展的历史，如“杠杆原理”“万有引力定律”等基本定律的发现，无一不是遵循了这一认识规律。

其次，在对客观现象进行观察与实验的基础上，找出哪些是影响事物的主要因素，哪些是次要因素，合理简化，将研究对象抽象为力学模型。例如，在研究静平衡问题时，物体的变形是次要因素，忽略这一次要因素就可用“刚体”这一模型来代替真实物体。在研究物体内力、变形及失效规律时，物体变形是主要因素，则不能再将物体视为刚体，而应用变形固体来代替真实物体。

将实践中所得的结果，经过抽象建立力学模型，形成概念，在基本定律的基础上，经过逻辑推理和数学运算，就可以得到工程上所需要的定理与公式。当然，这些定理与公式的正确与否，还需要在实践中验证、发展。另外，许多工程实际问题，仅靠理论方法还不能有效地解决，还要通过实验的方法才能得到满意的结果。可见实验方法也是解决工程力学问题的一种必不可少的方法。

随着计算机技术的迅速发展，计算机分析方法在工程力学领域得到了广泛的应用，并促进了工程力学研究方法的更新，这将使工程力学在解决日常生活、环境、交通、水利、建筑和国防等工程问题中发挥更大的作用。

三、工程力学的地位和作用

工程力学既是基础学科，又直接面向工程实际应用，它在基础课程和专业课程之间起桥梁与纽带作用，为专业设备的机械运动分析和强度分析提供必要的理论基础，为后续课程的学习和解决工程实际问题提供力学知识基础。

项目一 力学基础

【项目引入】

本项目介绍静力学的基本概念、基本公理、常见的约束与约束反力、刚体受力图的分析及画法等内容。刚体静力学是一门研究物体在力系作用下平衡规律的学科，它是工程力学的基础部分，为后续构件外力分析与计算以及材料力学的学习奠定基础。例如图 1-1 所示的起重机大梁、图 1-2 所示的飞机起落架，这些构件的受力模型、受力分析及计算都是静力学要解决的问题。

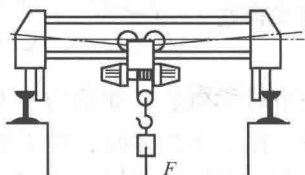


图 1-1 起重机大梁

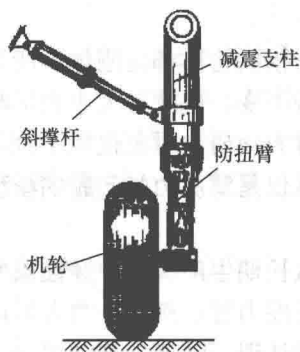


图 1-2 飞机起落架

【目标要求】

知识目标

- (1) 理解静力学的基本概念。
- (2) 掌握静力学公理和推论的内容及适用范围。
- (3) 熟悉载荷的简化及约束与约束反力。
- (4) 掌握物体的受力分析，会画受力图。

能力目标

- (1) 能够绘制结构的计算简图。
- (2) 能够熟练进行受力分析和画受力图。

任务 1 静力学公理

【任务描述】

如图 1-3 所示，试分析结构中 AB、BC 杆件的受力。

【任务分析】

了解静力学的基本概念，掌握静力学公理和推论的内容及适用范围。

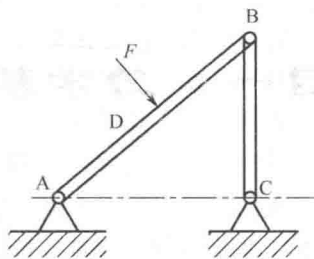


图 1-3

【知识准备】

一、静力学基本概念

1. 刚体

静力学中所指的物体都是刚体。所谓刚体是指在力的作用下，物体内部任意两点之间的距离始终保持不变，也就是大小和形状始终保持不变。这是一种理想化的力学模型，并不真实存在。静力学研究对象仅限于刚体，所以又称之为刚体静力学。

注意：刚体仅是解决力学问题的模型，并不真实存在。

2. 力

力是人们从长期生产实践中经抽象而得到的一个科学概念，如重力、万有引力、两物体间的压力、摩擦力等。例如，当人们用手推、举、抓、掷物体时，由于肌肉伸缩逐渐产生了对力的感性认识。随着生产的发展，人们逐渐认识到，物体运动状态及形状的改变，都是由于其他物体对其施加作用的结果。这样，由感性到理性建立了力的概念；力是物体间相互的机械作用，其作用结果是使物体运动状态或形状发生改变。

实践表明，力的效应有两种：一种是使物体运动状态发生改变，称为力对物体的外效应；另一种是使物体形状发生改变，称为力对物体的内效应。在静力学部分将物体视为刚体，只考虑力的外效应；而在材料力学部分则将物体视为变形体，必须考虑力的内效应。

3. 力的三要素及表示法

力是物体之间的相互作用，力不能脱离物体而独立存在。在分析物体受力时，必须注意物体间的相互作用关系，分清施力体与受力体，否则就不能正确地分析物体的受力情况。

由经验可知，力对物体的作用效果取决于三个要素：大小、方向、作用点，此即称为力的三要素。当上述三个要素中有任何一个改变时，力的作用效应也将改变。在国际单位制（SI）中，以牛顿（N）作为力的计量单位，有时也用千牛顿（kN）作为力的计量单位， $1\text{kN}=1000\text{N}$ 。

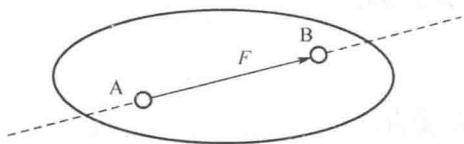


图 1-4 力的矢量表示

力是矢量。力的三个要素可用一个矢量来表示，如图 1-4 所示。矢量长度按照一定比例表示力的大小；矢量方向为力的作用方向；矢量起始端或末端为力的作用点，如图 1-4 中的 A、B 两点。本书用字母 F 表示矢量，而用

字母 F 表示力的大小。

依据力的作用范围可将力分为集中力和分布力：

集中力（集中载荷）：当力的作用面面积相对于结构或构件尺寸很小时，可视为作用于结构或构件上的某一点，称其为集中力。

分布力（分布载荷）：分布于物体上某一范围内的力称为分布力。分布力用载荷集度 q 来表示。体分布力单位为牛/米³（N/m³），面分布力单位为牛/米²（N/m²）。工程设计中，常将体、面分布力简化为连续分布在某一段长度上的力，称为线分布力，单位为牛/米（N/m）。

4. 力系

力系是指作用于物体上的多个力。依据力系中各力的作用线是否在同一平面内，力系可分为空间力系和平面力系；依据力系中各力作用线间的相互关系，又可将力系分为汇交力系、平行力系与任意力系。汇交力系、平行力系是任意力系的两种特殊情形。

5. 平衡

“平衡”是指物体相对于惯性参考系（如地面）保持静止或做匀速直线运动的状态，是物体运动的一种特殊形式。在一般的工程技术问题中，通常选择地球作为惯性参考系。使物体处于平衡状态的力系称为平衡力系。研究物体的平衡问题，就是研究物体在各种力系作用下的平衡条件，并应用这些平衡条件解决工程技术问题。静力学主要研究以下三个问题：

（1）物体的受力分析。分析物体共受几个力作用，每个力的作用位置、大小及其方向。

（2）力系的简化。如果作用在物体上两个力系的作用效果是相同的，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。力系简化的目的是简化物体受力，以便于进一步分析和研究。

（3）建立各种力系的平衡条件。刚体处于平衡状态时，作用于刚体上的力系应该满足的条件，称为力系的平衡条件。满足平衡条件的力系称为平衡力系。力系平衡条件在工程中有着非常重要的意义，是设计结构、构件和零件的静力学基础。

二、静力学基本公理

在生产实践中，人们对物体的受力进行了长期观察和试验，对力的性质进行了概括和总结，得出一些经过实践检验是正确的、大家都公认的、无须证明的正确结论，这就是静力学公理。

公理 1（二力平衡公理） 作用在刚体上的两个力，使刚体保持平衡的充分必要条件是：两力大小相等，方向相反，作用在同一直线上（图 1-5），简称二力等值、反向、共线。即：

$$F_1 = -F_2 \quad (1-1)$$

注意：此公理阐明了由两个力组成的最简单力系的平衡条件，是一切力系平衡的基础。此公理只适用于刚体，对于变形体来说，它只给出了必要条件，而非充分条件。

工程中经常遇到不计自重，且只在两点处各受一个集中

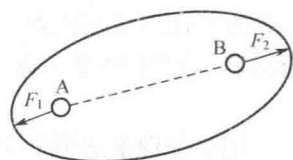


图 1-5 二力平衡

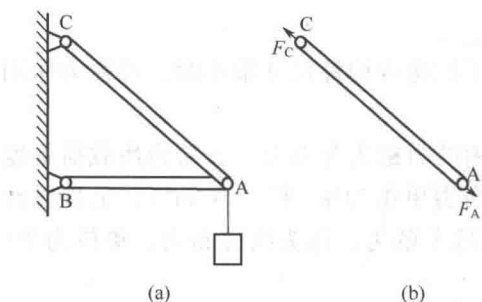


图 1-6 二力杆

力作用而处于平衡状态的刚体。这种只在两个力作用下处于平衡状态的刚体，称为二力构件（二力杆）。二力构件的形状可以是直线形的 [图 1-6 (a) 中的 AC 杆就是二力构件]，也可以是其他任何形状的。作用于二力构件上的两个力必然等值、反向、共线 [图 1-6 (b) 所示 AC 杆受力， $F_A = -F_C$]。在结构中找出二力构件，对整个结构系统的受力分析是至关重要的。

公理 2（加减平衡力系公理） 加减平衡力系公理是指在已知力系上，加上或减去任意平衡力系，不改变原力系对刚体的作用效果。也就是说，如果两个力系只相差一个或几个平衡力系，它们对刚体的作用效果相同。此公理是力系简化的基础。

推论 1（力的可传性定理） 作用于刚体某点上的力，其作用点可以沿其作用线移动到刚体内任意一点，不改变原力对刚体的作用效果。

证明：设力 F 作用于刚体上的 A 点，如图 1-7 (a) 所示。根据公理 2，可在力的作用线上任取一点 B，加上两个相互平衡的力 F_1 和 F_2 ，使 $F = F_1 = F_2$ ，如图 1-7 (b) 所示。由于 F 和 F_1 构成一个新的平衡力系，故可减去，这样只剩一个力 F_2 ，如图 1-7 (c) 所示。于是原来的力 F 与力系 (F, F_1, F_2) 以及力 F_2 互为等效力系。这样， F_2 可看成是原力 F 的作用点沿其作用线由 A 移到了 B。

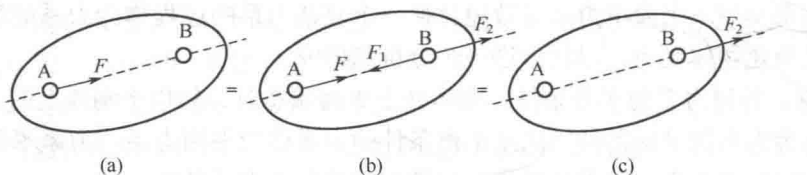


图 1-7 力的可传性

由此可见，对于刚体来说，力的作用点已不是决定力作用效果的要素，它已为作用线所替代。因此，作用于刚体上力的三要素是：大小、方向、作用线。

注意：公理 2 及其推论只适用于刚体，而不适用于变形体。对于变形体来说，作用力将产生内效应，当力沿其作用线移动时，内效应将发生改变。

公理 3（力的平行四边形法则） 作用在物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力。合力作用点也在该点，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所决定，如图 1-8 (a) 所示。或者说，合力矢等于两个分力矢的矢量和，即

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

应用此公理求两个汇交力的合力时，可由任意一点 O 为起点，另作一力三角形，如图 1-8 (b)、(c) 所示。三角形的两个边分别表示两个分力，第三边表示合力，合力的作用点仍在汇交点 O ，此即两个汇交力合成的力三角形法则。

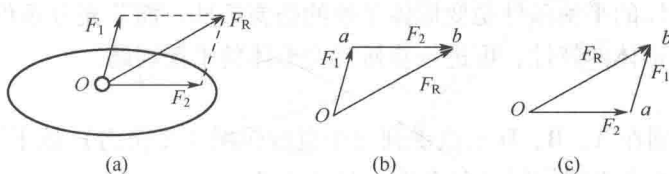


图 1-8 力的平行四边形法则和三角形法则

如果一个力与一个力系等效，则该力称为力系的合力，力系中的各个力称为合力的分力。将分力替换成合力的过程称为力系的合成，将合力替换成分力的过程称为力系的分解。

推论 2 (三力平衡汇交定理) 作用于刚体上三个相互平衡的力，若其中两个力的作用线汇交于一点，则此三力必须在同一平面内，且第三个力的作用线通过汇交点。

证明：设 F_1 和 F_2 的作用线相交于某点 O ，将 F_1 和 F_2 分别沿作用线移到 O 点，求出它们的合力 F_{12} ，如图 1-9 所示。 F_{12} 应与 F_3 平衡，根据三力平衡条件， F_{12} 与 F_3 必须共线，亦即 F_3 的作用线必通过 O 点。

注意：三力平衡汇交定理的逆定理不成立。也就是说，即使三力共面且汇交于一点，此三力也未必平衡，请读者自行举例说明。

公理 4 (作用与反作用原理) 两物体之间的相互作用力总是等值、反向、共线，分别作用在两个相互作用的物体上。

这个原理揭示了物体之间相互作用的定量关系，它是对物体进行受力分析的基础。

注意：作用与反作用原理中的两个力分别作用于两个相互作用的物体上，而二力平衡原理中的两个力却是作用于同一个刚体。在图 1-10 中，重物给绳索一个向下的拉力 F_B ，同时绳索给重物一个向上的拉力 F'_B ， F_B 与 F'_B 互为作用力与反作用力，而 F_B 与 F_A 、 F'_B 与 W 为两对平衡力。

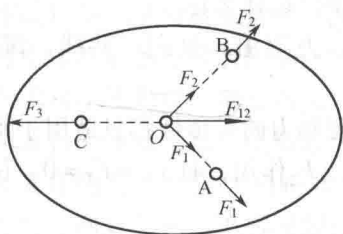


图 1-9 三力平衡汇交

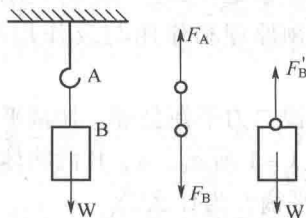


图 1-10 力的作用与反作用

公理 5 (刚化原理) 变形体在某一力系作用下处于平衡状态，如果将此变形体刚化为刚体，其平衡状态保持不变。

这个公理提供了把变形体视为刚体模型的条件。例如，绳索在等值、反向、共线两个力作用下处于平衡状态，如将绳索刚化为刚体，其平衡状态保持不变。反之，就不一定成立。如刚体在等值、反向、共线的两个力作用下平衡，若将其换为绳索就不一定能平

衡了。

由此可见，刚体的平衡条件是变形体平衡的必要条件，而非充分条件。在刚体静力学的基础上，考虑变形体的特性，可进一步研究变形体的平衡问题。

【任务实施】

解：杆 AB 分别在 A、B、D 三点受到三个机械作用（三个力）处于平衡；杆 BC 分别在 B、C 两点受到两个机械作用（两个力）处于平衡。

分别画出杆 AB、BC 的受力情况 [图 1-11 (b)、(c)]。杆 BC 是二力构件，属于二力杆，该二力必过 B、C 两点的连线，画出 F_B 、 F_C 。杆 AB 是三力构件，D 点画出主动力 F ，B 点由作用与反作用公理画出 F'_B ，找出 F 、 F'_B 作用线的汇交点，画出 F_A ，其作用线过汇交点。

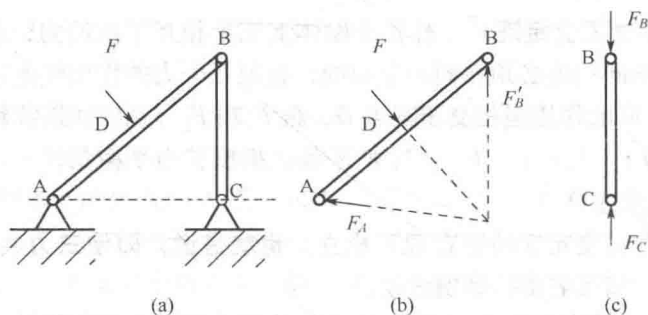


图 1-11 杆件受力分析

【思考与练习】

1. 下列说法是否正确？为什么？

(1) 大小相等、方向相反，且作用线共线的两个力一定是一对平衡力。

(2) 分力的大小一定小于合力。

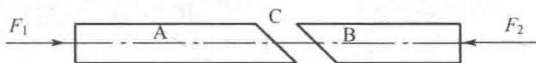
(3) 凡不计自重的杆都是二力杆。

2. 力的三要素是什么？两个力使刚体平衡的条件是什么？

3. 二力平衡原理和作用与反作用原理都说二力等值、反向、共线，试问二者有何区别？

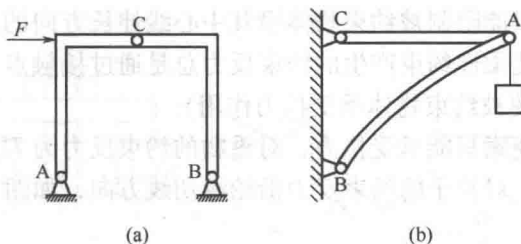
4. 为什么说二力平衡公理、加减平衡力系公理和力的可传性都只适用于刚体？

5. 如题图 1-1 所示，A、B 两物体各受力 F_1 、 F_2 作用，且 $F_1 = F_2 \neq 0$ 。试问 A、B 两物体能否保持平衡？为什么？



题图 1-1

6. 找出题图 1-2 (a)、(b) 中的二力构件，并画出二力构件的受力图。



题图 1-2

任务2 约束与约束反力

【任务描述】

图 1-12 所示的三铰拱桥，由左、右两半拱铰接而成，画出左半拱 AB 的受力图。

【任务分析】

了解常见约束的类型，掌握常见约束反力的特点。

【知识准备】

在机械和工程结构中，每一构件都根据工作需要，以一定的方式与周围其他构件联系着，其运动也受到一定限制。例如，梁由于墙的支撑而不致下落，列车只能沿轨道行驶，门、窗由于合页的限制而只能绕轴线转动等，这种联系限制了构件间的相对位置和相对运动。

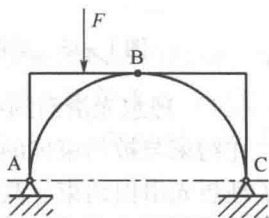


图 1-12

一、约束与约束反力

工程中所遇到的物体通常可分为两种。有些物体在空间的位移不受任何限制，如飞行的飞机、气球和炮弹等，这种位移不受任何限制的物体称为自由体。而有些物体在空间的位移却受到一定限制，如机车受到铁轨的限制，只能沿轨道运动；电机转子受轴承的限制，只能绕轴线转动；重物被钢索吊住而不能下落等。这种位移受到限制的物体称为非自由体。对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体称为约束。如铁轨对机车、轴承对于电机转子、钢索对于重物等，都是约束。

约束限制非自由体的运动，能够起到改变物体运动状态的作用。从力学角度来看，约束对非自由体有作用力。约束作用在非自由体上的力称为约束反力，简称为约束力或反力。约束反力的方向必与该约束所限制位移的方向相反，这是确定约束反力方向的基本原则。约束反力的大小一般是未知的，需要用平衡条件来确定；约束反力的作用点一般在约束与非自由体的接触处。若非自由体是刚体，则只需确定约束反力作用线的位置即可。

二、工程中常见的约束及其反力

下面对工程中一些常见的约束进行分类分析，并归纳出其反力特点。

(一) 柔性约束

绳索、链条、皮带、胶带等柔性物体所形成的约束称为柔性约束。这种柔性体只能承

受拉力，其约束特征是只能限制被约束物体沿其中心线伸长方向的运动，而无法阻止物体沿其他方向的运动。因此柔性约束产生的约束反力总是通过接触点，沿着柔性体中心线而背离被约束的物体（即使被约束物体承受拉力作用）。

绳索悬挂一重物，绳索只能承受拉力，对重物的约束反力为 T'_A ，如图 1-13 所示。链条或胶带绕在轮子上时，对轮子的约束反力沿轮缘切线方向，如图 1-14 所示。

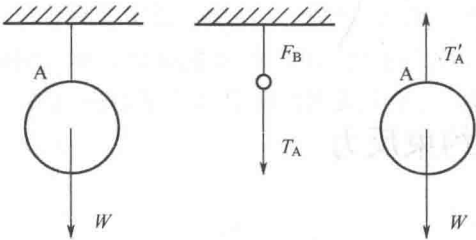


图 1-13 柔性约束

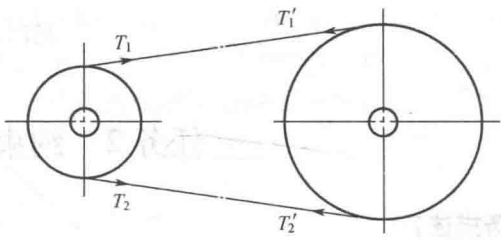
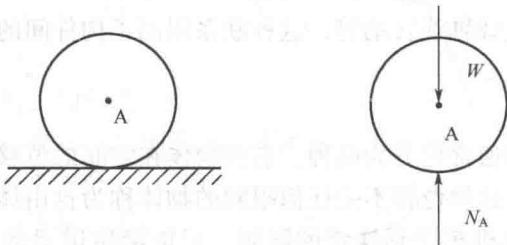


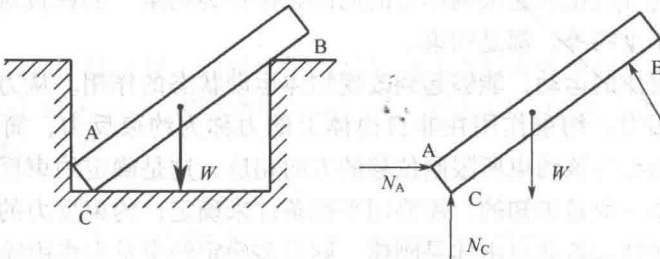
图 1-14 链条或胶带对轮子的约束反力

（二）理想光滑面约束

在约束与被约束体的接触面较小，且比较光滑的情况下，忽略摩擦因素的影响，就得到了理想光滑面约束。其约束特征为被约束物体沿着接触点公法线方向，趋向约束体的运动受到限制，故约束反力总是通过接触点，沿着接触点公法线而指向被约束物体。例如轨道对车轮的约束、槽对矩形构件的约束，其受力分别如图 1-15（a）、（b）所示。



(a)



(b)

图 1-15 理想光滑面约束

图 1-16 为机械夹具中的被夹物体、压板及 V 形铁的受力情况，假定各接触点处均为光滑接触。