



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

工程力学

刘礼贵 苏子青 主 编
吴芳红 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

工程力学

主 编	刘礼贵	苏子青
副主编	吴芳红	
编 写	程文凯	王美英
主 审	龚建国	



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为全国电力职业教育规划教材。本书包括静力学和材料力学两部分,共十一章。主要内容包括物体的受力分析、平面特殊力系、平面任意力系、截面几何性质、轴向拉伸与压缩、剪切与挤压、圆轴扭转、直梁弯曲、组合变形的强度计算、压杆稳定、动载荷与交变应力。适用于60~80学时的“工程力学”课程教学。

本书可作为高职高专的机电类专业和近机类各专业工程力学课程的教材,亦可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/刘礼贵,苏子青主编. —北京:中国电力出版社, 2009

全国电力职业教育规划教材

ISBN 978-7-5083-8872-4

I. 工… II. ①刘…②苏… III. 工程力学—高等学校:技术学校—教材 IV. TB12

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第081546号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年7月第一版 2009年7月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 12.5印张 296千字
定价 19.80元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

本书在编写过程中,针对高职高专特色,对理论力学中的静力学、材料力学的内容进行必要的精选,内容精炼,以够用实用为原则,文字通俗易懂。为了方便学生自学,在每章前面提出学习目标,每章的后面给出小结并附有复习思考题和习题,书后附有习题的答案。

全书由静力学和材料力学两大篇组成,共分十一章,包括物体的受力分析、平面特殊力系、平面任意力系、截面几何性质、轴向拉伸与压缩、剪切与挤压、圆轴扭转、直梁弯曲、组合变形的强度计算、压杆稳定、动载荷与交变应力,适用于60~80学时的“工程力学”课程教学。

本书由江西电力职业技术学院刘礼贵、苏子青任主编,吴芳红任副主编。刘礼贵编写了前言、绪论、第一章、第五章、第十章、附录2;苏子青编写了第二章、第三章、第六章、附录1;程文凯编写了第七章;王美英编写了第四章、第八章;吴芳红编写了第九章、第十一章。全书的插图以及统稿由刘礼贵完成。

本书由江西现代职业技术学院龚建国教授主审,并提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请各位读者批评指正。

编者

2009年4月

目 录

前言

绪论..... 1

第一篇 静 力 学

引言..... 4

第一章 物体的受力分析..... 4

第一节 静力学公理..... 4

第二节 约束和约束反力..... 7

第三节 物体的受力分析与受力图 11

小结 18

思考题 18

习题 19

第二章 平面特殊力系 22

第一节 平面汇交力系合成与平衡的几何法 22

第二节 平面汇交力系合成与平衡的解析法 24

第三节 力对点的矩 26

第四节 平面力偶 27

第五节 力的平移定理 28

小结 29

思考题 30

习题 31

第三章 平面任意力系 33

第一节 平面任意力系向一点简化 33

第二节 平面任意力系的平衡方程 34

第三节 物体系统的平衡 37

第四节 考虑摩擦时的平衡问题 40

小结 43

思考题 44

习题 45

第四章 截面几何性质	48
第一节 截面几何性质概述	48
第二节 截面静矩和形心	48
第三节 惯性矩	50
第四节 极惯性矩	53
小结	55
思考题	56
习题	56

第二篇 材 料 力 学

引言	58
第五章 轴向拉伸与压缩	61
第一节 轴向拉伸与压缩的概念	61
第二节 轴向拉伸与压缩时横截面上的内力	62
第三节 轴向拉伸与压缩时横截面上的应力	64
第四节 轴向拉伸与压缩时的变形·胡克定律	66
第五节 材料在轴向拉伸与压缩时的力学性能	68
第六节 轴向拉伸与压缩时杆件的强度计算	72
第七节 应力集中的概念	75
第八节 拉伸与压缩超静定问题简介	76
小结	77
思考题	79
习题	79
第六章 剪切与挤压	82
第一节 剪切与挤压的概念	82
第二节 剪切的实用计算	83
第三节 挤压的实用计算	84
第四节 剪应变 剪切胡克定律	86
小结	87
思考题	87
习题	88
第七章 圆轴扭转	90
第一节 圆轴扭转的概念	90
第二节 圆轴扭转时横截面上的内力	90
第三节 圆轴扭转时的应力与变形	93

第四节	圆轴扭转时的强度与刚度计算	98
小结	.....	103
思考题	.....	104
习题	.....	105
第八章	直梁弯曲	107
第一节	梁的平面弯曲概念及梁的计算简图	107
第二节	梁横截面上的内力——剪力与弯矩	109
第三节	剪力与弯曲方程和剪力与弯矩图	112
第四节	剪力和弯矩与载荷集度的关系	115
第五节	梁弯曲时横截面上的正应力	117
第六节	梁弯曲时的正应力强度计算	122
第七节	弯曲剪应力简介	125
第八节	提高梁弯曲强度的一些措施	127
第九节	梁的变形	130
小结	.....	137
思考题	.....	138
习题	.....	139
第九章	组合变形的强度计算	143
第一节	组合变形的概念	143
第二节	拉伸（压缩）与弯曲的组合变形的强度计算	144
第三节	弯曲与扭转的组合变形的强度计算	146
第四节	强度理论简介	148
小结	.....	151
思考题	.....	151
习题	.....	152
第十章	压杆稳定	153
第一节	压杆稳定性的概念	153
第二节	细长压杆的临界力	155
第三节	欧拉公式的适用范围与经验公式	156
第四节	压杆的稳定性计算	160
第五节	提高压杆稳定性的措施	163
小结	.....	165
思考题	.....	165
习题	.....	165
第十一章	动载荷与交变应力	167
第一节	动载荷与交变应力	167

第二节 材料的持久极限及其影响因素.....	169
小结.....	171
思考题.....	172
习题.....	172
附录 1 习题答案	173
附录 2 热轧钢相关标准	177
参考文献.....	189

绪 论

力学是一门基础学科，它与数、理、化、天、地、生并列，为七大基础学科之一。力学的应用范围十分广泛，既属于技术科学，又植根于国民经济的各个产业门类。哪里有工程技术难题，哪里就有力学难题。

力学 (Mechanics) 涉及众多的力学学科分支。工程力学作为高等工科学校的一门课程，只是其中最基础的部分。工程力学涵盖了原有理论力学和材料力学两门课程的主要经典内容，同时，适当地增加了的新内容。工程力学课程不仅与力学密切相关，而且与工程实际紧密联系。

20 世纪以前，蒸汽机、内燃机、铁路、桥梁、船舶、兵器等的诞生推动了近代科学技术与社会进步，而这一切都是在力学知识的累积、应用和完善的基础上逐渐形成和发展起来的。

20 世纪产生的诸多高新技术，如高层建筑、大跨度悬索桥、海洋平台、精密机械、航空航天器、机器人、高速列车、海底隧道、大型水利工程等许多重要工程更是在工程力学指导下得以实现的，并不断发展完善。

20 世纪产生的另一些高新技术，如核反应堆工程、电子工程、计算机工程等，虽然是在其他基础学科指导下产生和发展起来的，但都对工程力学提出了各式各样的问题。例如，核反应堆堆芯与压力壳，在核反应堆的核心部分——堆芯的核燃料元件盒，由于热核反应产生大量的热量和气体，从而受到高温和压力作用，当然还受到核辐照作用。在这些因素的作用下，元件盒将产生怎样的变形，这种变形又将对反应堆的运行产生什么影响；此外，反应堆中压力壳在高温和压力作用下，其壁厚如何选择才能确保反应堆安全运行；又如计算机硬盘驱动器，若给定不变的角加速度，如何确定从启动到正常运行所需的时间及转数；已知硬盘转台的质量及其分布，当驱动器达到正常运行所需角速度时，驱动电动机的功率如何确定，等等，这些都与工程力学有关。

需要指出的是，除了工业部门的工程外，还有一些非工业工程也都与工程力学密切相关，体育运动工程就是一例。例如，棒球运动员用球棒击球后，棒球的速度大小和方向都发生了变化，如果已知这种变化即可确定棒球受力；反之，如果已知击球前棒球的速度，根据被击后球的速度，就可确定球棒对球所需施加的力。又如，赛车结构前细后粗，普通车轮却前小后大，这些都涉及工程力学的基础知识。

一、工程力学的任务

工程力学是研究工程结构的受力分析、承载能力的基本原理和方法的科学。它是工程技术人员从事结构设计和施工所必须具备的基础。工程力学涉及众多的力学分支学科，本书只是其中最基础的部分，主要研究物体的机械运动和杆件弹性变形的一般规律。它是高等工科院校的一门理论性较强的技术基础课程，为后续课程的学习和解决工程实际问题提供力学的基本理论和方法。

机械运动在前期的物理学中已经有所论述，是指物体在空间的位置随时间而发生的改

变。如固体的移动和变形、气体和液体的流动等。

变形是指物体在外力作用下形状和尺寸的改变。物体的变形按其性质可分为两种：一种是弹性变形，它是随外力的解除而消失的变形；另一种是塑性变形，或称残余变形，它是在外力解除后而不能消失的变形。

本课程的任务，概括起来可分为两类。

(1) 研究物体的机械运动与所受力之间的关系。这里包括力的一般性质，力系的简化及物体在力的作用下平衡规律的研究；物体运动几何性质的描述；物体运动状态改变与它所受力之间的关系。以便掌握物体机械运动的基本规律和研究方法。

(2) 研究物体变形与所受力之间的关系，即研究物体在外力作用下变形和破坏的规律。为解决构件强度、刚度和稳定性问题提供基本理论和计算方法，即研究构件的受力、变形和失效、强度、刚度、稳定性的规律和相关的计算公式。构件的基本变形主要有拉压、剪切、扭转、弯曲，这四种基本的变形形式是日常生活中常见的。

构件是各种工程结构组成单元的统称。如机械中的轴、杆件，建筑物中的梁、柱等，它们在工作中都要受到力的作用。这些构件应该满足连续、均匀及各向同性的假设。

强度是指构件抵抗破坏的能力；刚度是指构件抵抗变形的能力；稳定性是指构件保持其原有平衡状态的能力。强度、刚度和稳定性统称为构件的承载能力。设计工程构件时，在材料选用和形状尺寸选取上，既要保证构件有足够的承载能力，又要尽量节省材料，节约资金，达到既安全又经济的要求。

二、工程力学研究的主要对象

1. 工程构件分类：杆件、块体、平板、壳

凡是一个方向的尺寸（长度）远大于其他两个方向（宽度和高度）的构件称为杆件，简称为杆。有一个方向的尺寸（厚度）远小于其他两个方向（长度和宽度）尺寸的构件称为板（平面形状）或壳（曲面形状）。三个方向（长、宽、高）的尺寸相差不多的构件称为块体。

2. 工程力学主要研究对象是杆件

由于工程力学也可以看做是由理论力学和材料力学两部分内容组成的，因此工程力学的力学模型为刚体、质点及变形体。

三、工程力学的研究方法

工程力学的研究方法是实验观察——假设建模——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。

本课程研究的物体，大多是各种工程结构物及其构件。这些结构物和构件，形状大小各异，组成也很复杂。因此，在研究它们的运动和变形时，首先必须根据问题的性质，抓住主要方面，略去次要因素，合理简化，抽象为力学模型。这是重要的一步。在研究物体的平衡规律时，由于物体变形量很小或变形因素对问题的研究影响很小，可忽略物体的变形而将其抽象为“刚体”。在研究物体机械运动的几何性质和运动状态改变与受力之间关系时，因物体的运动范围远大于物体本身的大小，则可将物体抽象为一个“质点”，或者由质点组成的“质点系”。但在研究物体变形与受力之间的关系时，则不能再将物体视为刚体，而应看成可变形固体。建立模型之后，可运用数学方法进行分析计算。这种解决工程力学问题的方法称为理论方法。然而，许多工程实际问题，仅靠理论方法还不能有效地解决，但通过实验的方法可得到满意的结果。另外，在解决构件的承载能力问题时，需要通过实验测定材料的力学

性质。可见，实验方法也是解决工程力学问题的一个必不可少的方法。

随着计算机技术的迅速发展，计算机分析模拟方法在工程力学领域中已得到日益广泛的应用，并促进着工程力学研究方法的更新。将工程力学与计算机应用有机地结合在一起，建立较为统一的计算机分析理论体系及程序设计原理，并提供工程力学基本内容的源程序，这方面已经有大量的商品化软件系统可供使用。例如，ANSYS 软件是 ANalysis SYStem 的简写，诞生于 20 世纪 70 年代，是融结构、流体、电场、磁场、声场分析于一体的大型通用有限元分析软件。由世界上最大的有限元分析软件公司之一的美国 ANSYS 开发，它能与多数 CAD 软件接口，实现数据的共享和交换，如 Pro/Engineer、NASTRAN、Alogor、I-DEAS、AutoCAD 等，是现代产品设计中的高级 CAD 工具之一，它可以计算结构应力并用三维图形模拟显示。

第一篇 静 力 学

引 言

静力学研究物体在力系作用下处于平衡的规律。

力是物体间的相互机械作用。这种作用有两种效应：使物体产生运动状态变化和形状变化。前者称为运动效应，后者称为变形效应。力对物体的效应取决于力的大小、方向和作用点三个要素。

平衡是指物体相对于惯性参考系处于静止或匀速直线运动的状态。它是机械运动的特殊形式。在工程实际中，通常把固连于地球的参考系作为惯性参考系来研究物体相对于地球的平衡问题，所得结果能很好地与实际情况相符合。

刚体是静力学中所采用的一种理想模型，它是指在力作用下不变形的物体。事实上，任何物体受力后或多或少都会发生变形。因此，实际上并不存在绝对的刚体。但是，对那些在运动中变形极小，或虽有变形但不影响其整体运动的物体，忽略变形，对问题的研究结果不仅没有显著影响，而且可以使问题得以简化。这时，该物体可抽象为刚体。将物体抽象为刚体是有条件的，这与所研究的问题的性质有关。当物体的变形（即使很小）成为所研究问题的主要方面而不应忽视时，则不能抽象成为刚体，而应当成变形体处理。

静力学中所研究的物体只限于刚体，所以也称为刚体静力学，它是研究变形体力学的基础。

本篇着重研究以下三个问题：

(1) 物体的受力分析。分析某个物体或物体系统共受几个力，以及每个力的作用位置 and 方向。

(2) 力系的等效与简化。将作用在物体上的较复杂力系用一个最为简单的并与其作用效果相等的力系来代替。

(3) 力系的平衡条件。研究物体处于平衡时，作用于物体上的力系所应满足的条件。

第一章 物体的受力分析

学习目标

掌握静力学的基本概念，基本公理内容及适用范围。

了解工程中常见的几种约束类型及其受力特点。

学会分析杆件受力，正确画出其受力图。

本章将阐述静力学公理、工程中常见的典型约束及物体的受力分析。静力学公理是静力学理论的基础。物体的受力分析是力学中重要的基本技能。

第一节 静力学公理

静力学公理是人类在长期的生产和生活实践中，经过反复观察和实验总结出来的普遍规

律, 并被认为是无需再证明的真理, 是人们关于力的基本性质的概括和总结, 是研究静力学的基础。

公理 1 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, 如图 1-1 (a) 所示。或者说, 合力矢等于这两个力矢的几何和, 即

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

力的平行四边形也可演变为力三角形, 由它能更简便地确定合力的大小和方向, 如图 1-1 (b)、(c) 所示, 而合力作用点仍在汇交点 A。这个公理表明了最简单力系的简化规律, 它是复杂力系简化的基础。

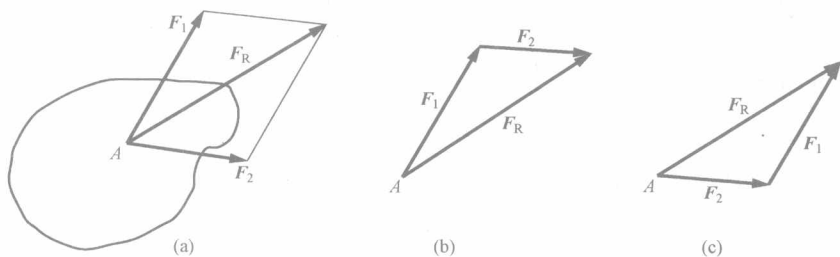


图 1-1

公理 2 二力平衡条件

作用在刚体上的两个力, 使刚体保持平衡的必要与充分条件是: 这两力的大小相等, 方向相反, 且在同一直线上。如图 1-2 所示, 即

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

这个公理揭示了作用于物体上最简单的力系在平衡时必须满足的条件。对刚体来说这个条件既是必要的, 又是充分的; 但对于变形体, 它只是平衡的必要条件, 而不是充分条件。例如, 软绳受两个等值、反向、共线的拉力作用可以平衡, 而受两个等值、反向、共线的压力作用就不能平衡。工程上, 把只受两个力作用而处于平衡的物体, 称为二力构件 (或称二力杆)。根据二力平衡条件可知, 二力构件不论形状如何, 其所受的两个力的作用线, 必沿两力作用点的连线。这一性质在对物体进行受力分析时极为有用。

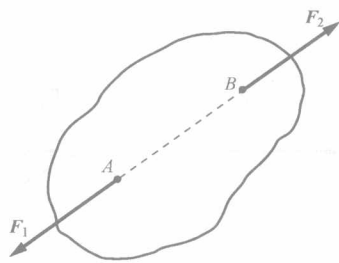


图 1-2

公理 3 加减平衡力系原理

刚体上加上或减去任意的平衡力系, 并不改变原力系对刚体的作用。

作用于刚体上的力系如果可以用另一个适当的力系来代替, 且对刚体产生相同的效应, 则这两个力系互称为等效力系。由此公理可知, 作用于刚体上的已知力系与加上 (或减去) 任一平衡力系后的力系等效。

这个公理是研究力系简化的重要理论依据。但必须注意, 此公理也只适用于刚体而不适用于变形体。

由上述公理可以导出如下重要推论。

推论 1 力的可传性

作用在刚体上某点的力，可以沿着它的作用线移到刚体内任意一点，并不改变该力对刚体的作用。

图 1-3 (a) 所示的刚体，在 A 点受力 F 作用，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 1-3 (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 1-3 (c) 所示。于是，原来的力 F 与力系 (F, F_1, F_2) 及力 F_2 等效，即相当于原作用于 A 点的力 F 沿其作用线移到了 B 点。

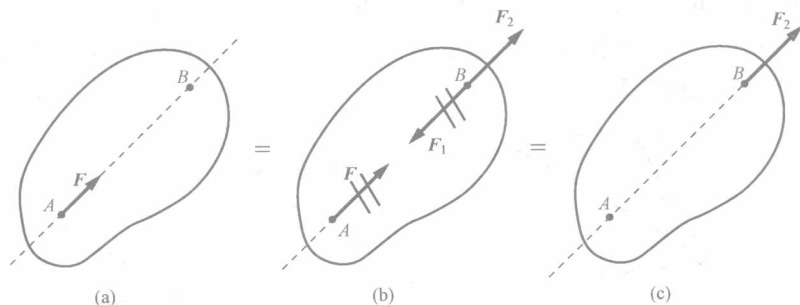


图 1-3

根据力的可传性，力对刚体的效应与力的作用点在其作用线上的位置无关。因此，对于刚体来说，力的三要素之一的作用点可代之以作用线。在这种情况下，力矢可沿其作用线任意滑动，成为滑动矢量。

推论 2 三力平衡汇交定理

作用于刚体上的三个互相平衡的力，若其中两个的作用线汇交于一点，则此三个力必在同一平面内，且第三个力的作用线通过汇交点。

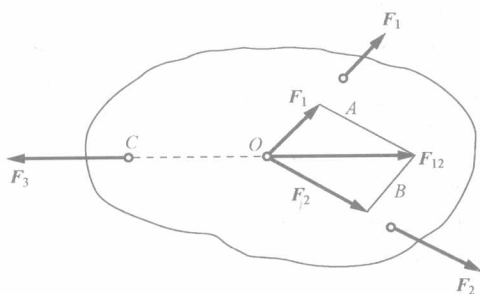


图 1-4

设有三个互相平衡的力 F_1 、 F_2 、 F_3 分别作用于刚体上的 A、B、C 三个点 (见图 1-4)。已知 F_1 和 F_2 的作用线交于 O 点，根据力的可传性，将力 F_1 和 F_2 移到汇交点 O，并用力的平行四边形规则，求得其合力 F_{12} ，则 F_3 应与 F_{12} 平衡。由于两力平衡必须共线，所以，力 F_3 必定与力 F_1 和 F_2 共面，且通过力 F_1 和 F_2 的汇交点 O。

三力平衡汇交定理说明了不平行的三个力平衡的必要条件，有时用此来确定第三个力的作用线的方位。

公理 4 刚化原理

变形体在某一力系作用下处于平衡，如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抽象为刚体模型的条件。

公理 5 作用和反作用定律

作用力和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。

这一公理概括了物体间相互作用力的关系,表明作用力和反作用力总是成对出现的。它是分析物体受力时必须遵循的原则。

第二节 约束和约束反力

一、约束的概念

在力学中通常把物体分为两类。一类称为自由体,它们在空间的位移不受任何限制。例如,在空中飞行的飞机、炮弹、火箭等。另一类称为非自由体,它们在空间的位移受到一定的限制。例如,悬挂在屋顶的电灯受到绳子的限制不能下落;门、窗只能绕合页轴转动;图 1-5 所示的曲柄冲压机冲头受到滑道的限制只能沿铅垂方向平动,飞轮受到轴承的限制只能绕轴转动;图 1-6 所示桥梁的桁架,由于受到左右支座的限制而固定不动等。

工程实际中的构件或机械的零件都是非自由体。对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体称为约束。例如,绳子是电灯的约束;合页是门、窗的约束;滑道是冲头的约束;轴承是飞轮和轴的约束;支座是桥梁的约束等。

既然约束阻碍着物体的运动,那么当物体沿着约束所能限制的方向运动或有运动趋势时,约束对该物体必然有力的作用,以阻碍物体的运动,这种力称为约束反力,简称反力。因此,约束反力的方向总是与该约束所能阻碍的运动方向相反,这是确定约束反力方向的准则。

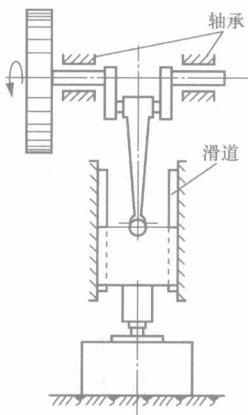


图 1-5

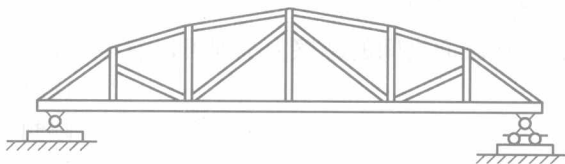


图 1-6

物体所受的力,除约束反力外,还有重力、水压力、风力、电磁力等,它们是促使物体运动或使物体有运动趋势的力,称为主动力(或载荷)。在一般情况下,约束反力是由主动力的作用而引起的,因此,它是一种被动力。

静力分析的重要任务之一就是确定未知约束反力。

二、工程中常见的约束类型及约束反力

工程中约束的种类很多,对于一些常见的约束,按其所具有的特性,可以归纳为下列几种基本类型。

1. 柔性约束(柔索)

柔性约束是由绳索、胶带、链条等柔性物体构成的。因绳索不能受压,只能受拉,根据反作用力可知受柔索约束的构件,约束力方向一定和连接端绳索受力反向。所以,柔索约束反力总是沿着绳索的中心线,使物体受到拉力。因此,柔性约束对物体的约束反力,作用在接触点,方向沿着柔索背离物体。通常用 F 或 F_T 表示这类约束反力。图 1-7 (a) 所示,用绳索悬挂一重物,则绳索对重物的约束反力是沿绳索的拉力 F_{T1} 和 F_{T2} ,如图 1-7 (b) 所示。图 1-7 (c) 所示为皮带传动,两个带轮的受力按照柔性约束处理, F_{T1} 和 F_{T2} 都是沿皮

带轴线方向,使皮带张紧。

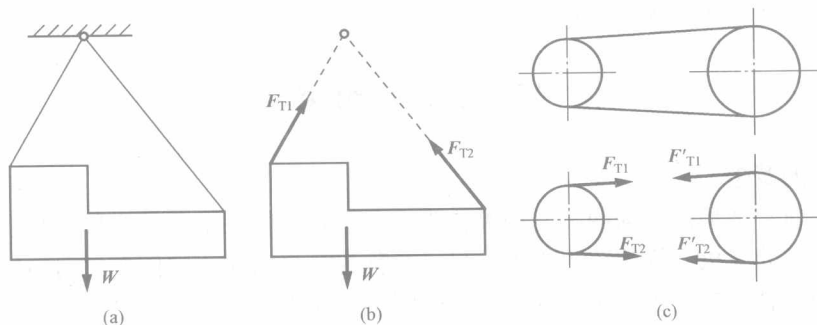


图 1-7

特别提醒:

(1) 柔性约束对物体的反力也可以用 N 、 T 、 S 以及这些字母带下标表示。采用哪种符号视个人习惯而定。但是不要用 A 、 B 、 C 及 W 、 G 、 M 等字母表示约束反力。

(2) 不能画物体对柔索的施加力,图 1-7 (b) 中的两个拉力是约束对物体的力,应画在物体上,指向为离开物体,该二力不能画成压力。

(3) 本例中的物体受三个相互不平行的力作用而平衡,可用三力平衡汇交定理分析,它们的力作用线汇交于一点。即图 1-7 (b) 中的重力作用延长线只能画在 F_{T1} 和 F_{T2} 的交点上,且为垂直向下。

2. 光滑接触面约束

当两物体接触面之间的摩擦力小到可以忽略不计时,可将接触面视为理想光滑的约束。

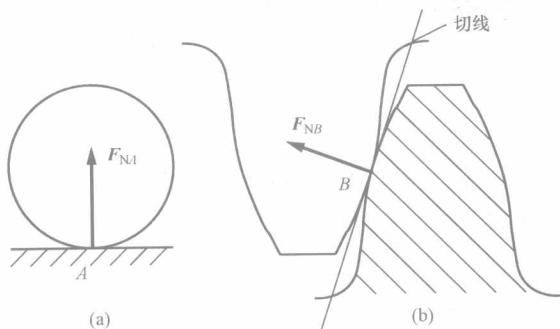


图 1-8

这时,不论接触面是平面或曲面,都不能限制物体沿接触面切线方向的运动,而只能限制物体沿着接触面的公法线指向约束物体方向的运动。因此,光滑接触面对物体的约束反力是:通过接触点,方向沿着接触面公法线方向,并指向受力物体。这类约束反力也称法向反力,通常用 F_N 表示。例如,支持物体的固定面、啮合齿轮的齿面都可视为光滑接触面,如图 1-8 所示,它们的约束反力分别为图 1-8 中的 F_{NA} 和 F_{NB} 。

特别提醒:

(1) 光滑接触面约束对物体的反力也可以用 N 及字母带下标表示,例如 N_A 、 N_B 或 N_1 、 N_2 ,采用哪种符号视个人习惯而定。

(2) 光滑接触面约束可以分为几种情况,例如曲面和平面、曲面和曲面、曲面和尖点、平面和尖点。

3. 光滑圆柱形铰链

圆柱形铰链也称为铰链,它是用一圆柱形销钉将两个或更多的构件连接在一起,即在这

些构件的连接处各加工出一直径相同的圆孔，用销钉穿起来。图 1-9 (a) 所示的曲柄连杆机构中，曲柄 OA 和连杆 AB 在 A 处的连接、连杆 AB 和滑块 B 在 B 处的连接均为铰链连接。图 1-9 (b) 是铰链的结构图。若相互接触的两圆柱面是光滑的，则销钉只能限制被约束构件在垂直于销钉轴线的平面内的径向运动，不能限制被约束构件绕圆孔中心 A 的转动，因此，约束反力 F_A 沿圆柱面在接触点 a 的公法线，并通过铰链中心 A ，如图 1-9 (c) 所示。但接触点 a 的位置与被约束构件的受力情况和运动情况有关，不能预先确定。因此，约束反力 F_A 也不能预先确定，通常用通过铰链中心 A 的两个互相垂直的分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 来表示，如图 1-9 (d) 所示。 F_{Ax} 、 F_{Ay} 的指向暂可任意假定。如果铰链连接中有一个构件与地面或机架相连，便构成固定铰链支座，简称固定铰支，如图 1-10 (a) 所示。这种支座的约束性质与圆柱形铰链相同，其简图及约束反力表示法分别如图 1-10 (b)、(c) 所示。

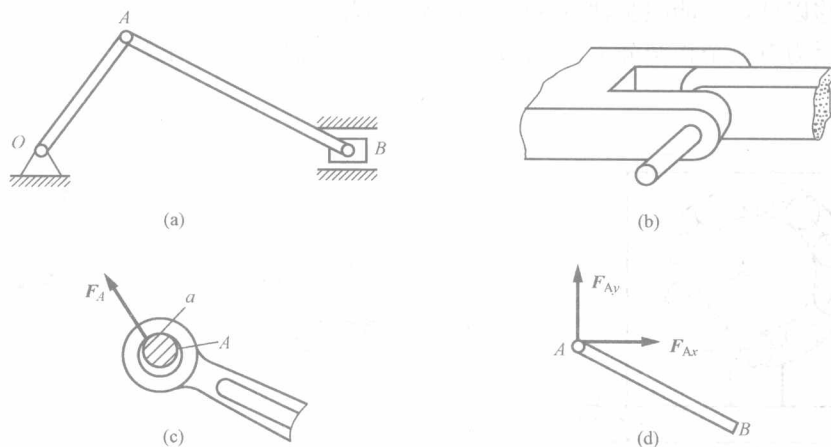


图 1-9

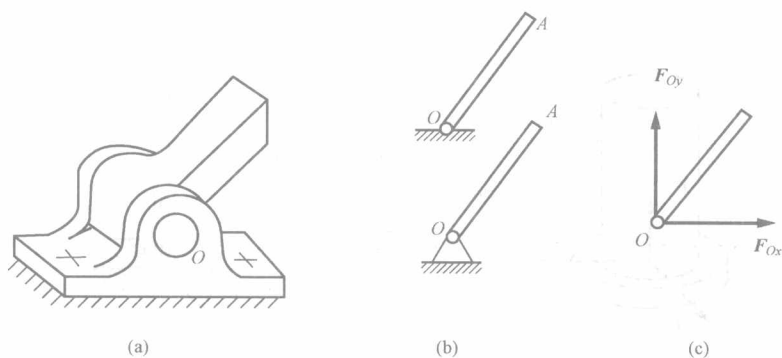


图 1-10

特别提醒：

(1) 光滑圆柱铰链约束对物体的反力也可以用其他字母带下标表示，例如 N_{Ox} 、 N_{Oy} 及 X_O 、 Y_O 。

(2) 这里的约束反力通过铰链中心，因为销钉圆孔实质是光滑面约束，法向压力是沿接