



普通高等教育“十二五”规划教材

简明工程力学教程 (第二版)

江南大学力学教研室 编

范本隽 主 编

陈安军 副主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

简明工程力学教程

(第二版)

江南大学力学教研室 编

范本隽 主 编

陈安军 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是中、少学时类型的工程力学教材,为适应各专业基础力学课程学时数均有较大压缩的实际情况,本书的编写以简明、实用、易学为原则。全书分为四篇,第一篇为刚体静力学;第二篇为材料力学;第三篇为运动学与动力学;第四篇为专题。章节的安排较为紧凑,适当提高了起点,简化了叙述,重在讲述基本概念和基本方法。按少学时组织教学可只学第一篇和第二篇,按中学时组织教学可学第一、二、三篇,第四篇供选学。

本书主要面向轻工、化工、纺织、工业设计以及食品工程、通信工程等非机械类及近机械类专业本科教学,也可作为工科各专业的专科及成人教育教材。

图书在版编目(CIP)数据

简明工程力学教程/范本隽主编;江南大学力学教研室编著. —2版.

—北京:科学出版社,2014.6

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-040902-7

I. ①简… II. ①范… ②江 III. 工程力学-高等学校-教材 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 120048 号

责任编辑:朱晓颖/责任校对:赵桂芬

责任印制:霍 兵/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014 年 6 月第 二 版 印张:18 1/4

2014 年 12 月第十三次印刷 字数:476 200

定价:40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第二版前言

《简明工程力学教程》自 2005 年出版以来,已印刷 11 次,得到了广大读者的认可。在 9 年的教学使用中,检验了当初编写这本教材的指导思想“简明、实用、易教易学”是切合实际和受欢迎的。而另一方面,高校课程改革的进程仍在继续,这 9 年中相关专业的力学课程学时进一步压缩,教材也应作与时俱进的变化。

近年已出版了一些新的面向中少学时专业的工程力学教材,多趋向于完全取消运动学与动力学部分以及材料力学中的动载荷内容,实际上是静力学与材料力学静强度组合。编者认为,工程本科专业学生还是应该具备刚体简单运动的动力学知识以及简单动载荷作用下的强度计算知识,在教材中应该有这种选择余地,但所占学时必须大幅压缩。

基于以上认识,编者对本书的修订思路是:

(1)内容包括静力学、质点运动学和动力学、刚体基本运动的运动学和动力学、材料力学(含动载荷和交变应力);删去第一版中点的合成运动、刚体平面运动、三大普遍定理等与相关专业关系不大的内容。

(2)强调实用而非体系完整,打破理论力学部分的结构体系,直接用动静法和功能原理解决所有动力学问题,包括动反力、动载荷问题。

修订后,本书的第二版比第一版压缩了许多篇幅(共减少 5 章),而逻辑上不存在空白;对相关专业而言,也已是一本内容全面的教材。因而更好地体现了“简明、实用、易教易学”的编写宗旨。

除内容的大幅调整外,第二版补充了一些思考题以帮助学生理解,插入了若干照片以增加学生的感性认识,并在叙述上作了必要的斟酌和风格整合。在第一版使用中的一些具体问题,也在本次修订中作了改正。

本次修订是由原编写组全体人员完成的。

编 者

2014 年 3 月

第一版前言

本书是为轻工、化工、纺织、工业设计以及食品工程、通信工程等专业编写的力学教材。这些专业力学教学的课时数较少,教学要求因专业门类多、差别大而跨度较大。作为多年从事“工程力学”课程教学的教师,我们深感需要一本简明、实用、易教易学的教材。近年来高等教育的深刻变革已使一些老教材与今天的教学进度不甚和谐,新教材中体现这些专业的教学特点的也不多。因此,编者根据自己从事力学教学的实际经验,编写了这样一本适合上述专业使用的工程力学教材。

简明、实用、易教、易学是编写这本教材的指导思想。全书的内容涉及刚体静力学、材料力学、运动学和动力学。编写时,凡与大学物理相重复内容的叙述尽量简略,其余内容的叙述也以简明为原则。刚体静力学的叙述直接以空间汇交力系为起点;材料力学杆件内力的叙述和计算直接引用空间一般力系的简化结果;质点的运动学和动力学合并在一章中讲述。此外,某些概念引入时衍生的公式推导,放在书末的附录中。这样安排,使教材避免了简单知识的多次重复,主线明确,达到压缩学时而不压缩内容的目的。

本书由江南大学(原无锡轻工大学)力学教研室组织编写,参加编写的人员有:范本隽(绪论,第7、10、11、12、23章,附录);周斌兴(第1~6章);许佩霞(第8、9、13、14章);钱静(第15~18章);陈安军(第19~22章)。本书由范本隽担任主编,陈安军为副主编。

本书在编写中参阅了各兄弟院校的优秀教材,获益匪浅,谨致谢意。

限于编者的编写水平和时间,书中有可能存在缺点、错误,欢迎读者给予指正。

编 者

2004年6月

目 录

第二版前言	
第一版前言	
绪论	1

第一篇 刚体静力学

第1章 静力学基本概念和物体受力分析	4
1.1 静力学基本概念与公理	4
1.2 约束与约束反力	7
1.3 物体的受力分析和受力图	10
习题	12
第2章 汇交力系	14
2.1 力在空间直角坐标轴上的投影	14
2.2 汇交力系的合成	15
2.3 汇交力系的平衡条件	16
习题	19
第3章 力偶系	22
3.1 力对点的矩	22
3.2 力偶	22
3.3 力偶系的合成和平衡条件	24
习题	26
第4章 平面一般力系	29
4.1 力的平移定理	29
4.2 平面一般力系向作用面内任一点简化	30
4.3 平面一般力系的合成结果	31
4.4 平面一般力系的平衡条件	33
4.5 物系的平衡,静定与静不定问题	37
习题	40
第5章 空间一般力系	45
5.1 力对点的矩矢	45
5.2 力对轴的矩	45
5.3 空间一般力系的平衡条件	47
习题	50
第6章 重心与摩擦	52
6.1 平行力系中心和物体的重心	52

6.2 摩擦	57
习题	64

第二篇 材料力学

第7章 材料力学基本概念	68
7.1 材料力学的任务与基本假设	68
7.2 杆件变形的基本形式	70
7.3 杆件的内力及其计算方法	72
7.4 应力和应变的概念,胡克定律	74
思考题	76
第8章 轴向拉伸与压缩	78
8.1 直杆轴向拉伸和压缩时的内力、应力和强度条件	78
8.2 直杆轴向拉伸和压缩时的变形	83
8.3 材料在拉伸和压缩时的力学性能	85
8.4 安全因数和许用应力	88
8.5 应力集中的概念	89
8.6 拉伸和压缩的超静定问题	90
习题	93
第9章 扭转	97
9.1 扭转外力和内力的计算	97
9.2 圆轴扭转时的应力和强度条件	100
9.3 圆轴扭转时的变形和刚度条件	106
习题	108
第10章 平面弯曲	111
10.1 平面弯曲的概念	111
10.2 平面弯曲的内力——剪力和弯矩的计算	112
10.3 剪力图和弯矩图	116
10.4 梁的纯弯曲正应力及正应力强度条件	119
*10.5 直梁弯曲时的切应力及切应力强度校核	127
10.6 梁的弯曲变形及刚度条件	129
10.7 用变形比较法解简单超静定梁	136
10.8 提高梁的承载能力的措施	138
思考题	141
习题	142
第11章 复杂应力状态下的强度条件	147
11.1 一点的应力状态	147
11.2 广义胡克定律与应变能密度概念	153
11.3 复杂应力状态时的材料失效准则与强度条件	155

思考题	159
习题	159
第 12 章 组合变形	162
12.1 组合变形与叠加原理	162
12.2 第一类组合变形——组合后仍为单向应力状态	163
12.3 第二类组合变形——组合后为复杂应力状态	168
思考题	171
习题	172
第 13 章 连接件强度计算	175
13.1 剪切强度计算	175
13.2 挤压强度计算	176
习题	180
第 14 章 压杆稳定	182
14.1 压杆稳定性概念	182
14.2 细长压杆的临界压力与欧拉公式	183
14.3 中、小柔度压杆的临界压力	185
14.4 压杆稳定性校核	186
14.5 提高压杆稳定性的措施	189
习题	190
第三篇 运动学与动力学	
第 15 章 质点的运动学与动力学	194
15.1 质点运动的描述	194
15.2 直角坐标法求点的速度、加速度	195
15.3 自然坐标法求点的速度、加速度	196
15.4 质点动力学基本定律和质点运动微分方程	201
习题	203
第 16 章 刚体平移和定轴转动运动学	206
16.1 刚体的平移	206
16.2 刚体的定轴转动	207
16.3 转动刚体上各点的速度和加速度	208
习题	211
第 17 章 动静法及在刚体平移和定轴转动动力学中的应用	213
17.1 惯性力的概念	213
17.2 达朗贝尔原理, 动静法	214
17.3 刚体基本运动惯性力系的简化, 动静法应用	215
习题	219

第 18 章 刚体作平移和定轴转动时功能关系的应用	222
18.1 力做功的计算	222
18.2 动能	225
18.3 功能关系及应用	226
习题	228

第四篇 专 题

第 19 章 动强度专题	232
19.1 动应力概述	232
19.2 构件做匀加速直线平移及做匀速转动时的动应力	232
19.3 冲击应力	235
19.4 交变应力与疲劳强度简介	240
思考题	249
习题	249

附录 A 若干公式推导	253
A.1 截面图形的惯性矩与平行移轴公式	253
A.2 内压薄壁容器的应力	256
A.3 形状改变能密度(畸变能密度)公式推导	259
A.4 刚体对轴的转动惯量	260

附录 B 型钢表	263
-----------------------	-----

参考文献	276
-------------------	-----

习题参考答案	277
---------------------	-----

绪 论

许多工程领域都与力学有密不可分的关系。例如,机械工程中需研究各零件的运动和受力问题;房屋、桥梁工程需研究梁、柱等杆件在平衡状态下承受载荷能力的问题;化工、食品工程中需研究受内压作用的容器和管道的强度问题;包装工程和纺织工程中的工艺设计也需研究各种各样的力学问题。“工程力学”正是面向工程需要,为研究、解决工程中的力学问题而提供理论依据和基本的计算方法的学科。

为设计一个能在一定的载荷下正常工作的结构物,需要从两方面来解决问题。第一方面是弄清组成结构的每一个构件所受的力与结构所受的载荷之间的关系,即要计算出结构正常工作时其中的每一个构件所受的力;第二方面是弄清构件的材料和截面尺寸、支承形式等因素与构件所能抵抗的外力之间的关系,即要确定在一定的外力作用下怎样设计构件才能保证它能安全可靠地工作,同时又是经济合理的。“工程力学”中的静力学、运动学和动力学部分(这三部分总称为理论力学)是处理第一方面问题的;而材料力学部分则是处理第二方面问题的。

因此,可以对工程力学的任务作如下概括:研究结构和构件的受力及平衡、运动规律,研究构件的承载能力的科学计算方法,从而为设计工程构件提供必要的理论基础和行之有效的计算方法,使所设计的构件能安全、可靠地工作,同时满足经济性要求。

在工程力学研究中,与其他学科一样,需要把所研究的对象作适当的简化,略去一些次要因素,保留主要因素,从而将实际物体抽象成为便于分析研究的模型。按力学分析的要求建立的模型称为力学模型。工程力学中根据不同的研究目的,主要采用刚体和变形固体作为实际构件的力学模型,前者用于静力学、运动学和动力学部分,后者用于材料力学部分,原因将在相应章节中说明。此外,构件与外界的连接,也简化成为“铰链”、“固定端”等力学模型。

对于所建立的力学模型,可以应用工程力学的定理、公式进行求解。工程力学是一个由公理、定理及推论、计算公式等组成的理论体系,这个体系是在实践中提炼出的基本原理的基础上经过严格的数学推演而形成的,并已经过实践的反复检验。学习工程力学,应该熟练掌握这个理论体系,学会应用力学理论知识去解决实际问题。另一方面,实践是不断发展的,现代工程技术不断提出新的力学问题,工程力学也在研究这些新问题中不断丰富和发展其理论体系和计算方法。例如,关于强度失效的新理论、关于断裂和损伤的理论和计算方法、关于用复合材料等新材料制成的构件强度的理论和计算方法,以及应用电子计算机分析复杂形状构件强度的有限单元法等,都是工程力学学科的新内容。本书所涉及的,只是工程力学最基础的知识,读者在掌握本书内容的基础上,可根据所从事的工作的需要,参考专门的著作,对某些问题进行更深入的探讨。

第一篇 刚体静力学

本篇研究力和力系的基本性质、物体的受力分析和刚体系统平衡问题的求解方法。

第 1 章 静力学基本概念和物体受力分析

静力学的基本概念、公理及物体的受力分析是研究静力学的基础。本章将介绍力与刚体的概念及静力学公理,并阐述工程中常见的约束和约束反力的分析。最后介绍物体的受力分析及受力图。

1.1 静力学基本概念与公理

1.1.1 力的概念

力的概念是人们在长期生活和生产实践中逐步形成,并经过科学的抽象建立起来的。例如,当人们用手推、拉、掷或举起物体时,由于手的作用,可使物体的运动状态发生变化;滚动的车轮受到制动块的摩擦作用可使滚动变慢,直至停止。上述物体运动状态的变化,是由于物体间的相互作用而产生的,这种作用也称为机械作用。物体间相互的机械作用还能引起物体的变形,如杆件受拉力作用而伸长、受压力作用而缩短等。所以力的概念可概括为:力是物体间的相互机械作用,这种作用可使物体的运动状态发生变化或使物体发生变形。

物体受力后产生两种效应:使物体的运动状态发生改变的效应称为外效应,而使物体的形状发生改变的效应称为内效应。显然,对于刚体(不变形的物体)而言,力的作用只有外效应。

在工程实际中,我们会遇到各种力,如重力、弹性力、滑动摩擦力等,由观察及试验表明,力对物体作用效应决定于下列三个要素:①力的大小;②力的方向;③力的作用点。

力的大小表示机械作用的强弱,可以根据力的效应的大小加以测定。在国际单位制中,力的计量单位为牛[顿](N)或千牛[顿](kN)。工程上曾采用工程单位制,力的单位是千克力(kgf), $1\text{kgf}\approx 9.8\text{N}$ 。

力的方向,是指力作用的方位和指向。

力的作用点,是指力作用的位置。物体间的机械作用通过物体间的直接接触或是通过物质的一种形式——场起作用。实际上两个物体直接接触时,力的作用线位置分布在一定的面积上,只是当接触面积相对比较小时,才能抽象地将其看作集中于一点,这样的力称为集中力。不能抽象地看作集中力的力称为分布力。作用在物体上的分布力常用与其等效的集中力来替代。通过力的作用点并沿力的方位的直线,称为力的作用线。

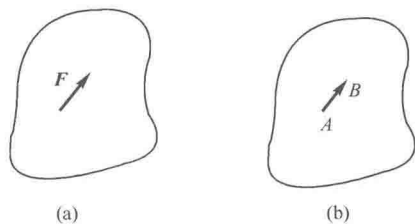


图 1-1

由于力既有大小,又有方向,所以是矢量(以后将提到),服从矢量的运算法则。本书中,代表矢量的字母用加粗的斜体字母表示(如 F)。和一切矢量一样,可用一个带箭头的有向线段(矢量) $\overrightarrow{AB}$ 表示力 F ,如图 1-1 所示,矢量的起点 A (或终点 B)表示力的作用点,矢量的方向表示力的方向,矢量的长度按选定的比例表示力的大小。

作用在刚体上的群力,称为**力系**。若作用在刚体上的力系可用另一力系来代替而不改变它对刚体的效应,则这两个力系称为**等效力系**。

1.1.2 刚体和平衡的概念

刚体是指受力作用后不变形的物体。这一特征表现为物体内任意两点的距离始终保持不变。实际上,不变形的物体是不存在的,如图 1-2 所示的塔器,在风力载荷作用下,塔器轴线上最大水平位移一般为塔高的 $1/5000 \sim 1/1000$ 。因此,对塔器进行受力分析时,变形是一个次要因素,可以忽略不计。在研究物体的受力情况时,为使问题简化,忽略物体变形就可将原物体用一理想化的模型——刚体来代替。以后,除特别指明需要考虑物体的形状改变外,其余物体均看作抽象化的理想模型——刚体。

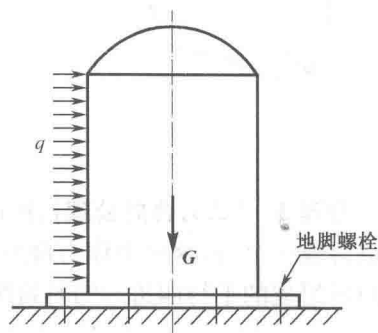


图 1-2

平衡是机械运动中的一种特殊情况,在静力学中是指物体相对于地球保持静止或匀速直线运动状态。平衡规律在工程实际中应用广泛,按平衡状态分析结构受力称为**静力分析**,各种机器和建筑物的设计往往要经过静力分析。以后还可以看到,动力学问题也可以应用静力学的方法解决。

1.1.3 静力学的基本公理

下面分别阐述作为静力学基础的五个公理,这些公理是人们在实践中,对处于平衡和运动的物体进行了长期的观察和实验,而得出的关于力的基本性质的概括和总结。

公理 1 (二力平衡公理):作用于同一个刚体上的两个力,使刚体处于平衡的必要且充分条件是:这两个力大小相等、方向相反,作用线沿同一直线。

公理 1 阐明了由两个力组成的最简单力系的平衡条件。它是在力系作用下刚体平衡条件的基础。工程上经常遇到只受两个力作用而平衡的刚体,称为**二力体**(或**二力构件**)。根据公理 1,这两个力的作用线必定沿着两个作用点的连线,且大小相等、方向相反,如图 1-3 所示。

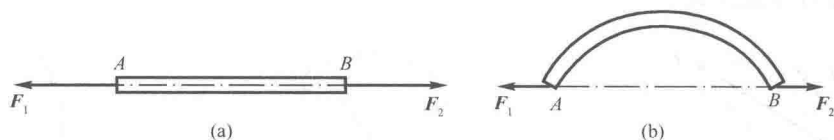


图 1-3

公理 2 (加减平衡力系公理):在某一力系中加上或减去任意的平衡力系后与原力系等效。

根据这一公理,可以得到作用于刚体的力,可沿着其作用线任意移动,而不改变此力对刚体的作用效应。

证明 设有力 F 作用在刚体上的某点 A ,如图 1-4 所示。根据加减平衡力系原理,可在力的作用线上任取一点 B ,并加上一对平衡力,且使 $F' = -F'' = F$,由于力 F 和 F'' 也是一对平衡力,故可除去。这样只剩下一个力 F' ,故刚体在力 F 作用下与在力 F' 作用下等效。即原来的作用力 F 沿其作用线移到了点 B 。

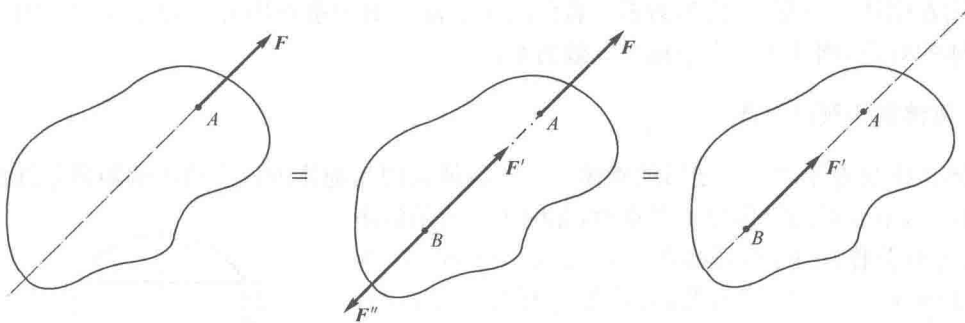


图 1-4

公理 3 (二力合成公理):作用于刚体上某点 A (或作用线交于某点 A) 的两个力 F_1 、 F_2 , 可以合成一个力, 这个力称为合力。如图 1-5 所示, 合力的大小、方向、作用线由以这两个力为邻边所组成的平行四边形的对角线来决定, 即可以写成矢量加法运算公式:

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

合力的大小、方向可以用余弦与正弦定理决定:

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

$$\frac{F_R}{\sin(\pi - \alpha)} = \frac{F_2}{\sin\varphi}, \quad \sin\varphi = \frac{F_2}{F_R}\sin\alpha$$

其中, α 、 φ 分别为 F_1 与 F_2 和 F_R 与 F_1 的夹角。

推论 (三力平衡定理):如果刚体受三个力作用而平衡, 且其中两个力的作用线交于一点, 则第三个力的作用线必通过该点且三个力共面。

证明 设图 1-6(a) 所示刚体在 F_1 、 F_2 和 F_3 三个力作用下处于平衡, 且这三个力中, F_1 和 F_2 的作用线交于 O 点。按力的可传性, 将 F_1 和 F_2 分别沿各自的作用线移到 O 点, 并按平行四边形公理将 F_1 和 F_2 合成为一个作用于 O 点的合力 F_{12} (图 1-6(b))。这样, 刚体就在 F_{12} 和 F_3 两个力的作用下平衡。由公理 1 知, F_{12} 和 F_3 两个力必须共线。由于 F_{12} 的作用线通过 O 点且与 F_1 和 F_2 在同一平面内, 所以 F_3 的作用线也必须通过 O 点, 并且也与 F_1 和 F_2 在同一平面内。定理由此得证。

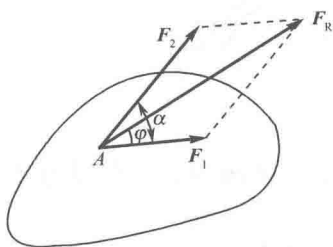


图 1-5

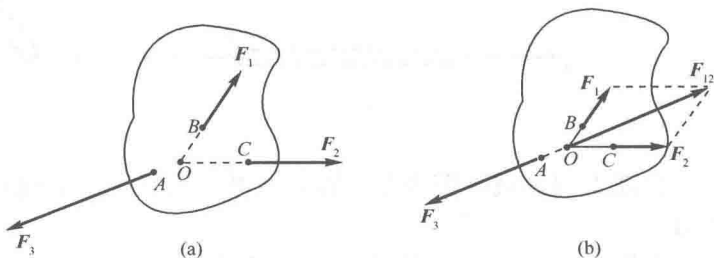


图 1-6

公理 4 (作用力与反作用力公理):当甲物体对乙物体有作用力的同时, 甲物体也受到来自乙物体的反作用力; 作用力与反作用力总是同时存在的, 两力的大小相等、方向相反且沿着同一直线分别作用在两个相互作用的物体上。

公理 4 是由研究一个物体的平衡问题过渡到研究几个物体组成的“物体系统”的平衡问题

的桥梁。由这个公理可以得出,作用力与反作用力必须成对出现,同时出现也同时消失。

公理5 (刚化公理):当变形体在某力作用下处于平衡状态时,此时将变形体刚化成刚体,则平衡不受影响。

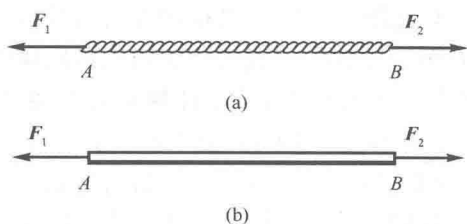


图 1-7

例如,绳 AB 在力 F_1 、 F_2 作用下处于平衡(图 1-7(a)),现将绳假想为一个不会变形的刚杆 AB ,此刚杆在力 F_1 、 F_2 作用下仍然平衡(图 1-7(b))。

刚化公理也称为变形体平衡公理,但需注意,若 F_1 、 F_2 均按相反方向作用,则刚体能够平衡。而绳在这样两个力的作用下显然是不能够平衡的。所以,刚体的平衡条件仅是变形体平衡的必要条件

件,而非充分条件,即变形体只有在平衡的前提下才能刚化成刚体。

公理5建立了刚体静力学与变形体静力学之间的联系,使刚体的平衡条件能应用到变形体的平衡问题中去。

1.2 约束与约束反力

有些物体,它们在空间的位移方向不受任何限制,如空气中的气球和飞行中的火箭等。而有些物体,由于受到与之联系或接触的其他物体的限制,以致在空间的位移方向受到一定的限制,如置于桌上的书不可能向下运动,受铁轨限制的机车只能沿轨道运动等。在空间中位移不受限制的物体称为**自由体**,而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**。

例如,桌面是书的约束,铁轨是机车的约束等。

既然约束阻碍物体某些方向的位移,那么,当物体沿着约束所能阻碍的方向有运动趋势时,物体对约束就有作用力。同时,约束也对物体有反作用力以阻碍物体的运动。约束作用于被约束物体的力称为**约束反作用力**,简称**约束(反)力**或**反力**。

那些不是约束反力的力(如重力)都称为**主动力**。主动力能主动地改变物体的运动状态,它的大小和方向不直接依赖于作用在物体上的其他力。与主动力不同,约束反力要由作用在物体上的其他力决定。在静力学中,约束反力的大小要根据平衡条件求得,至于它的方向总是与约束所能阻碍的位移方向相反。

正确确定约束反力的方向在解决静力学问题时起着非常重要的作用。下面介绍几种工程中常见的约束类型。

1.2.1 柔性约束

绳子、链条、皮带、钢丝等柔性物体,只能阻止物体沿柔性物体伸长的方向而不能阻止其他任何方向的位移。所以,由绳子等柔性物体产生的约束反力,只能是拉力,而不能是压力。柔性物体的约束反力总是沿着柔性物体,其指向背离被约束物体。通常用符号 F 或 F_T 、 T 表示,如图 1-8 所示。

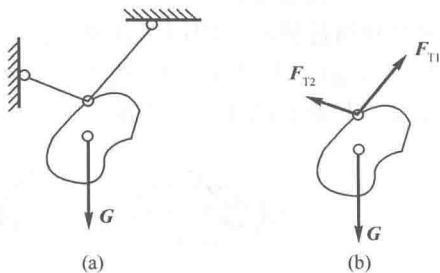


图 1-8

1.2.2 理想光滑接触面约束

若物体与约束在接触面间的摩擦可以略去不计时,这样的约束就看作理想光滑接触面约束。这种约束不能阻碍物体沿接触面切线方向的位移,只能阻碍物体沿着接触点公法线且指向约束内部的位移。所以,理想光滑接触面的约束反力必定沿着接触点的公法线而指向被约束物体。通常以符号 F_N 表示。如图 1-9 所示,在车轮与轨道接触时,若不计钢轨的摩擦,则钢轨可视为光滑接触面约束,车轮在主动力 G 作用下有向下运动的趋势,而约束反力 F_N 则沿公法线且垂直向上。圆筒形容器在拼装过程中搁在托轮上,如图 1-10 所示,容器与托轮分别在 A、B 处接触,托轮作用于容器的约束反力 F_{NA} 和 F_{NB} 分别沿接触点的公法线指向被约束物体,即沿圆筒形容器的半径方向,指向圆心 O 。

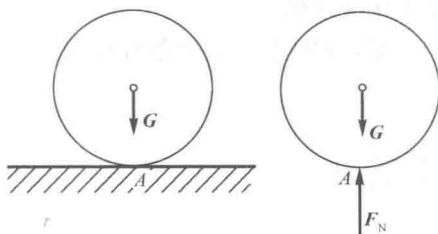


图 1-9

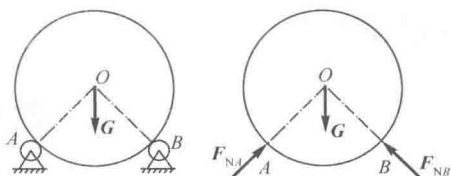


图 1-10

1.2.3 光滑圆柱铰链约束

两个构件的连接是通过圆柱销子或圆柱形轴来实现的,这种使构件只能绕销轴转动的约束称为圆柱铰链约束。这类约束只能限制构件沿垂直于销子轴线方向的相对位移。若将销子与销孔间的摩擦略去不计而视为光滑接触,则这类铰链约束称为光滑圆柱铰链约束,如图 1-11 所示。工程实际中的门窗活页、活塞销等都是这种约束。



图 1-11

由于销子与销孔之间实际上是两个圆柱面接触,当接触面光滑时,约束反力必定沿接触点的公法线而且通过铰链圆孔中心。因此,光滑圆柱铰链的约束反力必定在垂直于销子轴线的平面内并通过圆心。但因为接触点的位置不能预先确定,故约束反力的方向(图 1-12 中以 α 角表示)未定。为计算方便,约束反力通常用通过构件被约束处圆孔中心 O 的两个垂直分力 F_x 和 F_y 来表示,如图 1-13 所示。

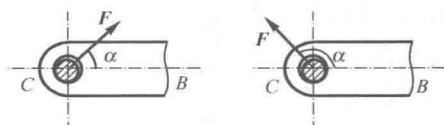


图 1-12

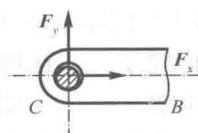


图 1-13