



普通高校“十三五”规划教材

工程力学

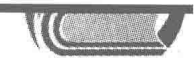
(第二版)

GONGCHENG LIXUE

冯锡兰 等编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



高校“十三五”规划教材

工 程 力 学

(第二版)

冯锡兰 等编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是根据“工程力学”课程教学基本要求编写的面向 21 世纪的工程力学教材。全书在妥善处理传统经典内容的继承,知识的传授和能力、素质的培养,重视基础与工程应用等方面进行了积极的探索,是一部理论严谨、逻辑清晰且宜于教学的教材。全书共两篇 18 章。第一篇为静力学,主要包括物体的受力分析、力系的简化与平衡、摩擦、物体的重心与形心;第二篇为材料力学,主要包括材料力学的基本概念,构件在拉伸与压缩、剪切、扭转、弯曲四种基本变形形式下的强度和刚度计算,应力状态和强度理论,组合变形,压杆稳定,交变应力和动载荷。各章均附有思考题和习题。

本书可作为高等院校机械工程、工业工程、管理工程以及相关专业的本科生或研究生的专业基础课教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学 / 冯锡兰等编著. -- 2 版. -- 北京: 北京航空航天大学出版社, 2017. 11

ISBN 978-7-5124-1571-3

I. ①工… II. ①冯… III. ①工程力学 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 170808 号

版权所有,侵权必究。

工 程 力 学

(第二版)

冯锡兰 等编著

责任编辑 金友泉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京宏伟双华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:23 字数:589 千字

2017 年 11 月第 2 版 2017 年 11 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1571-3 定价:48.00 元

前 言

本书是根据教育部最新颁布的力学类课程的基本要求,结合编著者多年来的教学经验,并参考该学科发展的最新相关文献撰写而成的。

全书分两篇,共计 18 章。第一篇为静力学,主要包括物体的受力分析、力系的简化与平衡、摩擦、物体重心与形心的求解方法;第二篇为材料力学,主要包括材料力学的基本概念,构件在拉伸与压缩、剪切、扭转、弯曲四种基本变形形式下的强度计算和刚度计算,应力、应变分析和强度理论,组合变形构件的强度计算,压杆的稳定性计算,交变应力和动载荷。各章均附有思考题和习题。

这次改版基本上保留了第一版的内容和风格,但对全书内容文字的表述进行了斟酌和修改,使内容更准确,表述更清楚。

本书由冯锡兰、蒋志强等编著,徐文秀、陈小霞、韩光平、赵超凡、刘浩天、李玲、张丹承担了相应的修订工作。

本书得到了国家自然科学基金(70971120)、航空科学基金(2009ZF55008)、河南省科技创新杰出人才(114200510003)、河南省重点科技攻关计划(092102210023、102102110130、112400450389)、河南省基础与前沿技术研究计划(092300410162、102300410131)、郑州市科技创新团队(112PCXTD350)、河南省高校科技创新团队支持计划(2012IRTSTHN014)、河南省创新型科技团队、河南省教育厅自然科学研究计划(2011A460013)等的资助,在此表示衷心而诚挚的感谢!

限于编者的水平,修订后的教材难免还有疏漏和不妥之处,希望广大教师和读者批评和指正,使本书今后能不断得到改进。

编著者

2017 年 11 月

主要符号表

F	力(含方向)	ω	挠 度
F	力的大小	θ	转 角
P	重 力	σ_e	弹性极限
F_s	静滑动摩擦力	σ_p	比例极限
F_R	合 力	σ_s	屈服极限
F_N	法向约束力、轴力	σ_b, σ_c	强度极限
q	载荷集度	$[\sigma], [\tau]$	许用应力
f	动滑动摩擦因数	n	安全系数
f_s	静滑动摩擦因数	δ	延伸率
φ_f	摩擦角	ψ	断面收缩率
$M_O(F)$	力 F 对 O 点之矩	k	应力集中系数
$M_z(F)$	力 F 对 z 轴之矩	I_p	极惯性矩
M	力偶矩、弯矩	W_t	抗扭截面系数
P_k	功 率	I	惯性矩
F_Q	剪 力	W	抗弯截面系数、功
T	扭 矩	i	惯性半径
σ	正应力	λ	压杆的柔度
τ	切应力	σ_r	相当应力
ϵ	线应变	σ_{cr}	临界应力
γ	切应变	F_{cr}	临界压力
ϕ	扭转角	α_k	冲击韧性

目 录

绪 论	1
-----	---

第一篇 静力学

第 1 章 静力学的基本概念与物体的受力分析	5
1.1 力的概念	5
1.2 刚体的概念	6
1.3 静力学公理	7
1.4 约束与约束力	10
1.5 物体的受力分析及受力图	14
思考题	19
习 题	20
第 2 章 平面汇交力系	25
2.1 工程中的平面汇交力系问题	25
2.2 平面汇交力系合成与平衡的几何法	25
2.3 平面汇交力系合成与平衡的解析法	29
思考题	35
习 题	37
第 3 章 力矩和平面力偶系	40
3.1 平面力对点之矩的概念及计算	40
3.2 力偶与力偶矩	42
3.3 力偶的等效	44
3.4 平面力偶系的合成与平衡	45
思考题	48
习 题	50
第 4 章 平面任意力系	52
4.1 工程中的平面任意力系问题	52
4.2 力线平移定理	53
4.3 平面任意力系向作用面内一点简化	54
4.4 平面任意力系的简化结果分析	56
4.5 平面任意力系的平衡条件和平衡方程	59
4.6 平面平行力系的平衡方程	62
4.7 刚体系统的平衡问题	65
4.8 平面简单桁架的内力计算	70
思考题	72
习 题	74

第5章 摩擦	82
5.1 工程中的摩擦问题	82
5.2 滑动摩擦	82
5.3 摩擦角和自锁现象	84
5.4 考虑摩擦时物体的平衡问题	86
5.5 滚动摩阻的概念	91
思考题	94
习 题	95
第6章 空间力系 重心	100
6.1 工程中的空间力系问题	100
6.2 力在空间直角坐标轴上的投影和沿坐标轴的分解	101
6.3 力对轴之矩	102
6.4 空间力系的平衡方程	105
6.5 重 心	110
思考题	118
习 题	118

第二篇 材料力学

第7章 材料力学的基本概念	123
7.1 材料力学的任务	123
7.2 变形固体的基本假设	124
7.3 外力及其分类	125
7.4 内力、截面法和应力的概念	125
7.5 杆件变形的基本形式	127
思考题	128
习 题	128
第8章 轴向拉伸和压缩	130
8.1 轴向拉伸与压缩的概念和实例	130
8.2 轴向拉伸或压缩时横截面上的内力和应力	130
8.3 轴向拉伸或压缩时的变形	134
8.4 材料拉伸时的力学性能	135
8.5 材料压缩时的力学性能	139
8.6 轴向拉伸或压缩时的强度计算	140
8.7 应力集中的概念	144
8.8 拉伸与压缩的静不定问题	145
8.9 轴向拉伸或压缩的应变能	148
思考题	150
习 题	151
第9章 剪 切	155
9.1 剪切的概念和实例	155

9.2 剪切的实用计算	156
9.3 挤压的实用计算	159
思考题	162
习 题	163
第 10 章 扭 转	165
10.1 扭转的概念和实例	165
10.2 扭转时的内力	166
10.3 薄壁圆筒的扭转	168
10.4 圆轴扭转时的应力	170
10.5 圆轴扭转时的变形	174
10.6 圆轴扭转时的强度和刚度计算	175
思考题	178
习 题	179
第 11 章 弯曲内力	182
11.1 弯曲的概念和实例	182
11.2 受弯杆件的简化	183
11.3 剪力和弯矩	185
11.4 剪力方程和弯矩方程、剪力图和弯矩图	187
11.5 剪力、弯矩和载荷集度间的关系	193
思考题	195
习 题	196
第 12 章 弯曲应力	201
12.1 梁弯曲时的正应力	201
12.2 惯性矩的计算	206
12.3 梁弯曲时的强度计算	210
12.4 梁弯曲时的切应力	214
12.5 提高弯曲强度的措施	217
思考题	222
习 题	224
第 13 章 弯曲变形	228
13.1 工程中的弯曲变形问题	228
13.2 梁的挠曲线近似微分方程	228
13.3 用积分法求弯曲变形	231
13.4 用叠加法求弯曲变形	235
13.5 梁的刚度校核	239
13.6 简单静不定梁	241
思考题	244
习 题	245
第 14 章 应力状态和强度理论	248
14.1 应力状态的概念	248

14.2	平面应力状态分析	250
14.3	空间应力状态	256
14.4	材料的破坏形式	259
14.5	强度理论	261
	思考题	267
	习 题	268
第 15 章	组合变形	272
15.1	组合变形和叠加原理	272
15.2	拉伸或压缩与弯曲的组合变形	274
15.3	弯曲与扭转的组合变形	278
	思考题	283
	习 题	284
第 16 章	压杆稳定	289
16.1	压杆稳定的概念	289
16.2	细长压杆的临界压力	291
16.3	临界应力及临界应力总图	294
16.4	压杆的稳定性计算	298
16.5	提高压杆稳定性的措施	300
	思考题	302
	习 题	303
第 17 章	构件的疲劳强度概述	306
17.1	交变应力与疲劳失效	306
17.2	交变应力的循环特征、应力幅和平均应力	308
17.3	材料的持久极限	309
17.4	影响持久极限的因素	310
17.5	对称循环下构件的疲劳强度计算	315
17.6	提高构件疲劳强度的措施	316
	思考题	317
	习 题	318
第 18 章	动载荷	320
18.1	动载荷与动应力的概念	320
18.2	构件作匀加速直线运动和匀速转动时的应力计算	320
18.3	杆件受冲击时的应力和变形	323
18.4	冲击韧性	327
	思考题	328
	习 题	328
附 录		331
附录 1	型钢表	331
附录 2	第 2 章到第 18 章习题答案	348
参考文献		358

绪 论

工程力学是人类在认识自然、改造自然的过程中,对客观自然规律的认识不断地积累、应用和完善逐渐形成和发展起来的。

20 世纪以前,推动近代科学技术与社会进步的蒸汽机车(见图 0-1)、内燃机车(见图 0-2)、铁路、船舶(见图 0-3)、兵器等,无一不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。

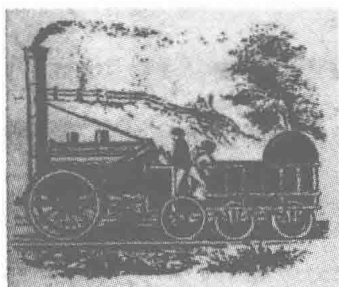


图 0-1 蒸汽机车



图 0-2 内燃机车



图 0-3 船舶

20 世纪产生的诸多高新技术,如高层建筑(见图 0-4)、大跨度桥梁(见图 0-5)、高速公路(见图 0-6)、海洋平台(见图 0-7)、大型水利工程(见图 0-8)、精密仪器、航空航天器(见图 0-9)、机器人以及高速列车(见图 0-10)等许多重要工程更是在工程力学的指导下得以实现并不断发展完善的。



图 0-4 高层建筑



(a) 上海杨浦大桥



(b) 南京长江大桥

图 0-5 大跨度桥梁



图 0-6 高速公路

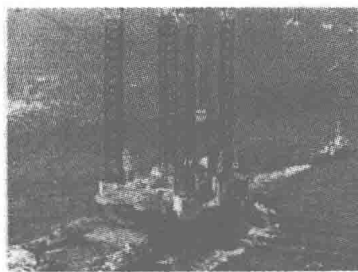


图 0-7 海洋石油钻井平台

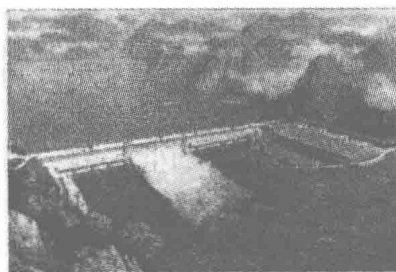


图 0-8 长江三峡工程



(a) 航天飞机

(b) “和平号”空间站

图 0-9 航空航天器

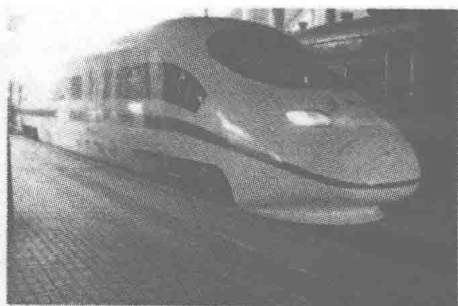


图 0-10 高速列车(和谐号 D 车)

因此,我国著名科学家钱学森先生说:“力学走过了从工程设计的辅助手段到中心主要手段,不是唱配角而是唱主角了。”

1. 工程力学的研究对象及主要内容

工程力学是研究物体机械运动规律和构件承载能力的一门学科。所谓机械运动,是指物体在空间的位置随时间而变化的规律;而构件承载能力则是指机械零件和结构部件在正常使用情况下安全可靠地承担外载荷的能力。工程力学包含的内容极其广泛,本书所论述的工程力学只包含静力学和材料力学两部分。静力学主要研究物体的受力分析、力系的简化和物体在力系作用下的平衡规律;材料力学主要研究材料的力学性能和构件在外力作用下的强度、刚度和稳定性的计算理论。

工程力学从研究物体的受力分析入手,通过分析物体在力作用下的变形和破坏规律,为工程构件的设计、制造、安装和施工提供可靠的理论依据和科学的计算方法,以确保工程构件安全、适用、经济、合理。

2. 工程力学的研究方法

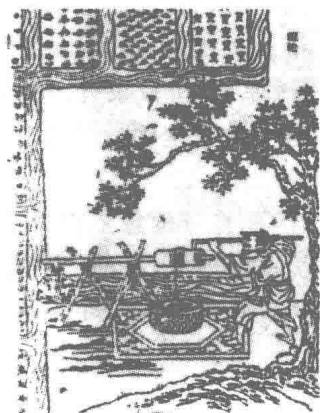
工程力学和其他任何一门学科一样,就其研究方法而言,都离不开认识过程的客观规律。工程力学的研究方法是:从实践出发,通过实验观察,经过抽象、综合、归纳建立公理或提出基本假设,再用数学演绎和逻辑推理得到定理和结论,然后再通过实践来验证理论的正确性。

(1) 观察和实验是理论发展的基础

人们通过观察生活和生产实践中的各种现象,进行多次的科学实验,经过分析、综合和归纳,才能总结出力学的基本规律。

在远古时代,人们为了满足生活和农作物灌溉的需要,制造了辘轳、舂米器(见图 0-11)和水车(见图 0-12);为了满足建筑上搬运重物的需要,使用了杠杆、斜面和滑轮(见图 0-13);为了满足长距离运输的需要,制造了车(见图 0-14),等等。制造和使用这些生产和生活工具,使人类对机械运动有了初步的认识,逐渐形成了“力”和“力矩”的概念,总结出“二力平衡”“杠杆原理”和“力的平行四边形法则”等力学基本规律。

人们在生产和生活中除了进行观察和分析之外,实验也是必不可少的。实验可以从复杂的自然现象中,人为创造一些条件来突出事物发展的主要因素,并且能够定量测定各个因素之间的关系。因此,实验是形成理论的重要基础。伽利略对自由落体和物体在斜面上的运动做了多次实验,提出了加速度的概念。摩擦定律、材料力学中的平面假设也都是以实验为基础的;特别是从近代力学的研究和发展来看,实验更是重要的研究方法之一。



(a) 提水辘轳



(b) 脚踏锥春米

图 0-11 辘轳和春米器

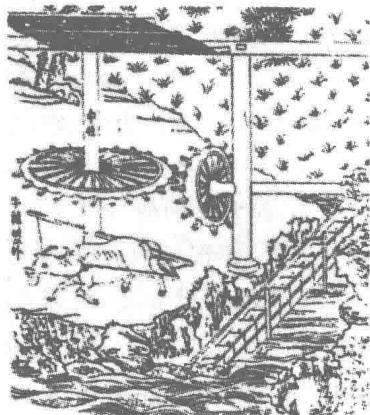


图 0-12 水车(牛转翻车汲水)

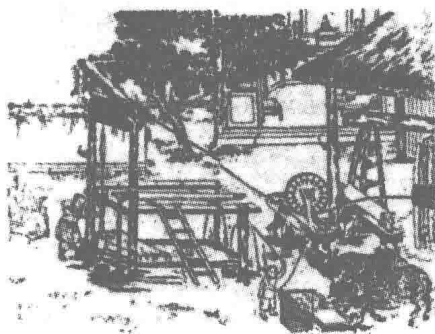


图 0-13 杠杆和滑轮

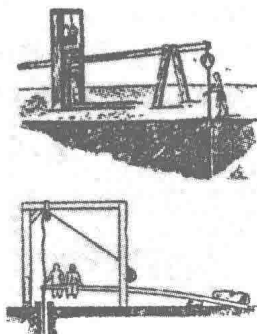


图 0-14 车(“雷诺”牌汽车)

(2) 在观察和实验的基础上,用抽象化的方法建立力学模型

抽象化的方法就是在客观事物的复杂现象中,抓住起决定性作用的主要因素,忽略次要的、局部的和偶然性的因素,深入现象的本质,明确事物间的内在联系。例如,在研究物体的平衡问题时,忽略受力产生的变形,得到了刚体的模型。但是,抽象化的方法是有条件的、相对的,当研究问题的条件改变时,原来的模型就不一定适用。例如,在研究物体的内力和变形时,刚体的模型就不再适用。总之,抽象化的方法一方面使研究的问题简化,另一方面也更深刻地反映了事物的本质。

(3) 建立模型,得出定理和结论

在建立力学模型的基础上,根据公理、定律和基本假设,借助数学工具,通过演绎、推理的方法,结合问题的具体条件,得到正确的定理和结论。

工程力学是前人经过无数次“实践—理论—实践”的反复过程,使认识不断提高和深化,逐步总结和归纳出的物体机械运动的一般规律及构件强度、刚度和稳定性计算的合理方法。

3. 工程力学的地位与作用

工程力学的理论、计算方法广泛应用于各类工程技术之中,是工科类各专业必不可少的一门重要技术基础课,在基础课和专业课中起着承前启后的作用。

① 工程力学的理论和计算方法广泛地应用于冶金、煤矿、石油、机械、纺织及交通等领域。工程力学的知识,是解决工程实际问题的重要基础。

② 工程力学研究力学中最普遍、最基本的规律,很多课程(如:机械原理、机械设计、结构力学、弹性力学、流体力学、空气动力学,以及许多专业课程)都要以工程力学为基础。因此,工程力学是学习一系列后续课程的重要基础。

③ 工程力学的研究方法与其他学科的研究方法有很多相同之处,因此充分理解工程力学的研究方法,不仅可以深入地掌握这门学科,而且有助于学习其他科学技术理论,有助于培养辩证唯物主义的世界观,培养正确的分析问题和解决问题的能力,为今后解决工程实际问题,从事科学研究工作打下良好的基础。

4. 学习工程力学的基本要求

工程力学有较强的系统性,各部分内容之间联系紧密,学习中要循序渐进,要认真理解基本概念、基本理论和基本方法。要注意掌握所学概念的来源、含义、力学意义及其应用;要注意有关公式的依据、适用条件;要注意分析问题的思路,解决问题的方法。在学习中,一定要认真思考、独立完成一定数量的思考题和习题,以巩固和加深对所学概念、理论、公式的记忆、理解和应用。另外,由于工程力学来源于实践又服务于实践,故在学习本课程时,应注意观察工程实际和生活中的力学现象,学会用力学的基本知识去解释这些现象,并通过实验来验证理论的正确性。

第一篇 静力学

静力学是研究刚体在力系作用下的平衡规律的科学。静力学中的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状态。对于工程中的大多数问题,可以把固结在地球表面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。

本篇着重研究下列三个方面的问题。

1. 物体的受力分析

受力分析是指将所研究的物体从周围的物体中分离出来作为受力体,进而分析它所受的力。所受的力分为两类:一类是主动力,另一类是约束力。关键在于对约束力的分析。

2. 力系的简化

力系是指作用在某物体上的若干力组成的系统。若作用在某物体上的力系可用另一个力系来代替,而不改变它对物体的作用效应,则称这两个力系为等效力系。用简单力系等效地代替复杂力系的过程称为力系简化。

3. 物体在力系作用下的平衡条件

平衡条件是指物体处于平衡状态时作用于物体上的力系应满足的条件。根据平衡条件可求出作用在物体上的未知力。

第 1 章 静力学的基本概念 与物体的受力分析

本章首先将介绍静力学中的一些基本概念和公理,这些概念和公理是静力学的基础;最后,介绍物体的受力分析和受力图。

1.1 力的概念

力的概念是人们在生活和生产实践中,通过长期的观察和分析而形成的。例如:抬物体的时候,物体压在肩上,由于肌肉紧张而感受到力的作用;用手推小车,小车就由静止开始运动;受地球引力作用自高空落下的物体,速度越来越大;挑担时扁担发生弯曲;落锤锻压工件时,工件就产生变形,等等。人们就是从这样大量的实践中,从感性到理性,逐步地建立起力的概念。所以,力是物体间相互的机械作用,这种作用使物体的机械运动状态发生变化,或者使物体发生变形。

因此,力不能脱离物体而存在。力虽然看不见,但它的作用效应完全可以直接观察,或用仪器测量出来。人们也正是从力的作用效应来认识力本身的。

力使物体的运动状态发生变化的效应,叫做力的外效应;而力使物体发生变形的效应,则叫做力的内效应。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,力对于物体的作用效应,取决于力的大小、方向和作用点,通常称为力的三要素。当这三个要素中任何一个改变时,力的作用效应也就不同。

力是一个既有大小又有方向的量,因此,力是矢量。在力学中,矢量可用一具有方向的线段来表示,如图 1-1 所示。用线段的起点表示拉力的作用点,用线段的终点表示压力的作用点;用线段的方位和箭头指向表示力的方向;用线段的长度(按一定的比例尺)表示力的大小。通过力的作用点沿力的方向的直线,称为力的作用线。本书中,力的矢量用黑斜体字母 $\boldsymbol{F}$ 表示,而力的大小则用普通字母 F 表示。

力的单位是 N 或 kN, $1\text{ N}=1\text{ kg}\cdot\text{m/s}^2$ 。

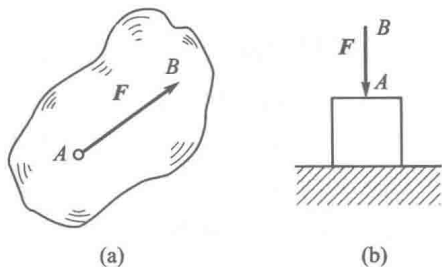


图 1-1

1.2 刚体的概念

任何物体在力的作用下,或多或少要产生变形。而工程实际中构件的变形,通常都非常微小,在许多情形下,可以忽略不计。例如图 1-2 所示的桥式起重机,工作时由于起重物体与它自身的重量,使桥架产生微小的变形。这个微小的变形对于应用平衡条件求支座约束力,几乎毫无影响。因此,就可把起重机桥架看成是不变形的物体。

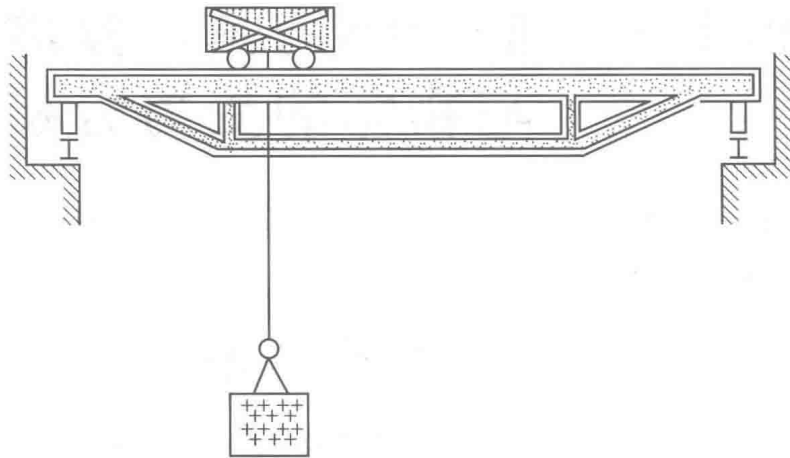


图 1-2

刚体是指在任何情况下都不发生变形的物体。显然,这是一个抽象化的模型,实际上并不存在这样的物体。这种抽象化的方法,在研究问题时是非常必要的。因为只有忽略一些次要的、非本质的因素,才能充分揭露事物的本质。

将物体抽象为刚体是有条件的,这与所研究问题的性质有关。如果在所研究的问题中,物体的变形成为主要因素时,就不能再把物体看成是刚体,而要看成为变形体。

在静力学中,所研究的物体只限于刚体。因此,静力学又称为刚体静力学。以后将会看到,当研究一切变形体的平衡问题时,都是以刚体静力学的理论为基础的,不过再加上某些补充条件而已。

1.3 静力学公理

静力学公理是人们在长期的生活和生产实践中总结概括出来的。这些公理简单而明显,也无须证明而为大家所公认。它们是静力学的基础。

公理一 二力平衡公理 作用于刚体上的两个力平衡的必要和充分条件是:这两力大小相等,指向相反,并作用于同一直线上,如图 1-3 所示。

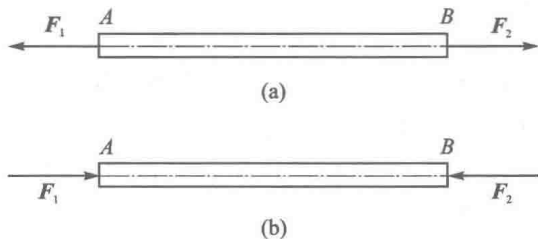


图 1-3

这个公理揭示了作用于物体上最简单的力系平衡时所必须满足的条件。对刚体来说,这个条件是必要与充分的;但是,对于变形体,这个条件是不充分的。

例如,图 1-4 所示的软绳受两个等值反向的拉力可以平衡;当受两个等值反向的压力时,就不能平衡了。



图 1-4

只在两个力作用下处于平衡的构件,称为二力构件(或二力杆)。工程上存在着许多二力构件。二力构件的受力特点是,两个力必沿作用点的连线。例如,矿井巷道支护的三铰拱(见图 1-5),其中 BC 杆重量不计,就可以看成是二力构件。

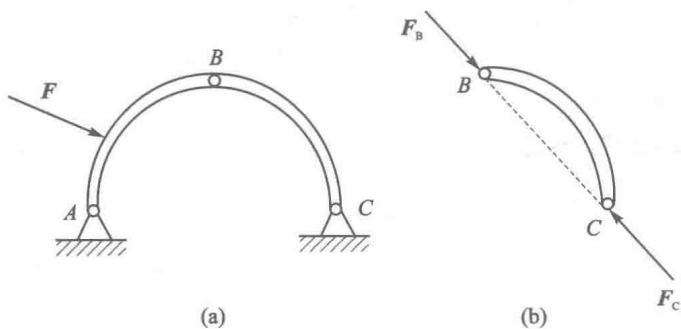


图 1-5

公理二 加减平衡力系公理 在作用于刚体上的任何一个力系上,加上或减去任一平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。

这是显而易见的,因为平衡力系对于刚体的平衡或运动状态没有影响。这个公理常被用来简化某一已知力系。

推论 力的可传性原理 作用于刚体上的力,可以沿其作用线移至刚体内任意一点,而不改变它对刚体的作用效应。

这个原理也是所熟知的。例如,人们在车后 A 点推车,与在车前 B 点拉车,效果是一样的(见图 1-6)。当然这个原理也可从公理二来推证,此处就不论述了。

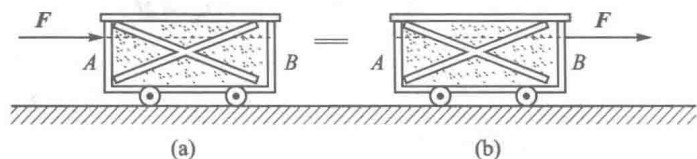


图 1-6

由此可知,作用于刚体上的力的三要素,是力的大小、方向和作用线。

应该注意,力的可传性原理只适用于刚体,而不适用于变形体。例如,图 1-7(a)所示的变形杆 AB,受到等值共线反向的拉力作用,杆被拉长;如果把这两个力沿作用线分别移到杆的另一端,如图 1-7(b)所示,此时杆就被压短了。

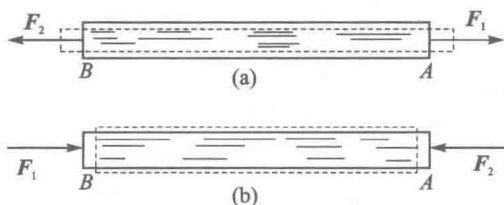


图 1-7

公理三 力的平行四边形法则 作用于物体上同一点的两个力,可以合成为一个合力。合力的作用点仍在该点,合力的大小和方向以这两个力为边所作的平行四边形的对角线来表示,如图 1-8(a)所示。

这种合成力的方法,称为矢量加法,合力称为这两力的矢量和(或几何和)。可用公式表示为

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

应该指出,式(1-1)是矢量等式,它与代数等式 $F_R = F_1 + F_2$ 的意义完全不同,不能混淆。

为了方便,在用矢量加法求合力时,往往不必画出整个平行四边形。如图 1-8(b)所示,可从 A 点作一个与力 $\mathbf{F}_1$ 大小相等、方向相同的矢量 $\mathbf{AB}$,过 B 点作一个与力 $\mathbf{F}_2$ 大小相等、方向相同的矢量 $\mathbf{BC}$,则 $\mathbf{AC}$ 即表示力 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 的合力 $\mathbf{F}_R$ 。这种求合力的方法,称为力三角形法则。但应注意,力三角形中的各力只表明力的大小和方向,它不表示力的作用点或作用线。应用力三角形法则求解力的大小和方向时,可应用数学中的三角公式或在图上量测。

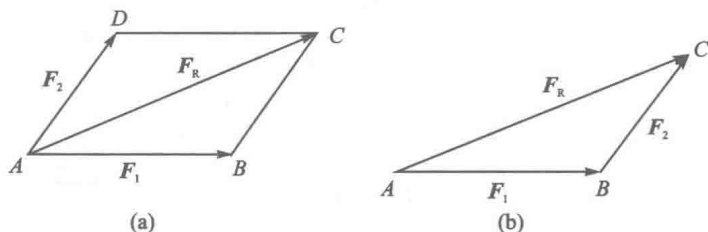


图 1-8

例 1-1 在安装胶带时,需有一定的预紧力,这样轴上将受到压力。设胶带的预紧力为 F_1 和 F_2 , $F_1 = F_2 = F_0$, 包角为 α , 求胶带作用在轴 O 上的压力。