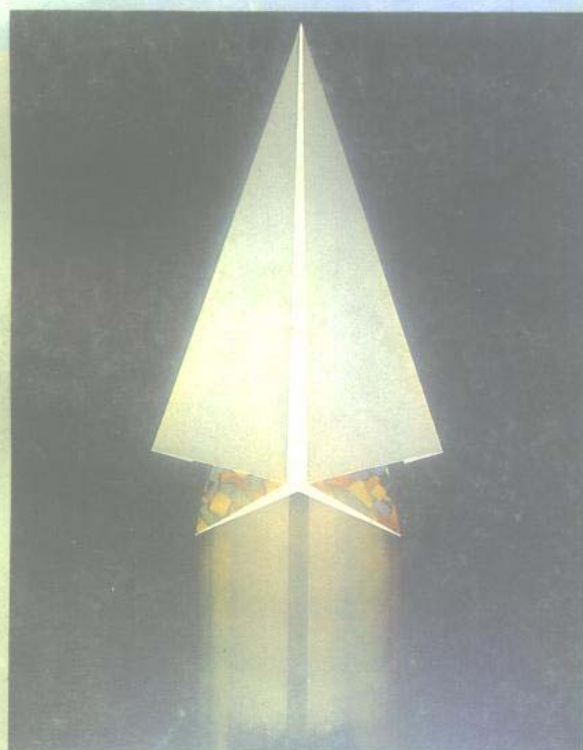


高等学校教材

理论力学

上册

第二版



谭广泉

罗龙开

谢广达

范长铎

编

华南理工大学出版社

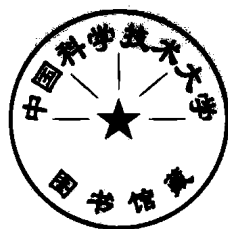
高等学校教材

理论力学

上册
(第二版)

谭广泉

罗龙开 谢广达 范长锋 编



华南理工大学出版社

• 广州 •

图书在版编目(CIP)数据

D203/06

理论力学(上册)(第二版)/谭广泉等编.—2版.—广州:华南理工大学出版社,1995.8

ISBN 7-5623-0004-6

I. 理…

II. 谭…

III. 理论力学-高等学校-教材

N. O31

责任编辑:周绍华 罗月花

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山·邮码 510641)

各地新华书店经销

广东封开人民印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 11.5 字数 288 千

1987 年 12 月第 1 版 1995 年 8 月第 2 版第 2 次印刷

印数:10001—15000

定价:11.00 元

第二版前言

本版是在总结本书第一版的教学经验和吸收同行教师意见的基础上修订的。

鉴于本书第一版符合 1993 年成都会议颁发的工科理论力学教学大纲(100—110 学时)的要求,故本版基本维持第一版的体系和结构,只是在内容上作了调整和补充,习题作了一些删增。

本书设四篇,分上、下两册。上册含第一篇静力学和第二篇运动学;下册含第三篇动力学和第四篇分析力学初步。书中注有 * 号的是属于供选择的内容,各专业可根据各自的教学要求取舍。

本版修订的执笔人是:罗龙开(第一、四篇)、谢广达(第二篇)、范长锋(第三篇)。由罗龙开主编。

我们的同行教师为本书的修订版提出过许多宝贵意见,谨向他们致以深切的谢意。

编 者

1994 年 9 月于华南理工大学

第一版前言

本书是参照 1986 年 10 月全国高校工科理论力学课程教学指导小组扩大会议(杭州会议)所制订的“工科理论力学课程教学基本要求”,结合编者多年来的教学实践经验编写而成的。适用于机械、土建、造船、水利等各类专业,要求课内学时 100—110,属多学时类型。

本书分上、下两册。上册内容是静力学和运动学;下册内容是动力学和分析力学初步。注有“*”号的章节属于加深加宽内容,不在基本要求之列,各专业可根据需要选用,也可完全不用。

本书的编写人员是:

主编:谭广泉 罗龙开

上册执笔人:罗龙开 谢广达

下册执笔人:范长锋 谭广泉

在本书的编写和出版过程中,得到华南工学院教务处和数学力学系领导以及华南工学院出版社的关怀和支持;理论力学教研组的全体同事对编写大纲进行了认真的研讨,并提出许多中肯的意见。我们谨此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有缺点错误,恳请读者批评指正。

编 者

1987 年 1 月于华南工学院

主要符号说明

F	力矢、摩擦力
$\left. \begin{matrix} F_x, F_y, F_z \\ X, Y, Z \end{matrix} \right\}$	力在相应轴上的投影
R	合力、半径
N	反力、功率
M, m	力偶矩矢
M, m	力偶矩、质量
$m_o(F), M_o$	力对点 O 的矩矢
$m_o(F)$	力对点 O 的矩
$[m_o(F)]_z$	力对点 O 的矩矢在 z 轴上的投影
$m_z(F)$	力对 z 轴的矩
r	矢径、位置向量
r	半径

$(F)_{\max}$	最大静摩擦力
f	静滑动摩擦系数、阻力系数
f'	动滑动摩擦系数
φ_m	摩擦角
x, y, z	点的直角坐标
i, j, k	沿 x, y, z 轴的单位矢量
i_{12}	传动比
α, β, γ	角度
v, u	速度矢
v	速度
v_a	绝对速度
v_r	相对速度
v_c	牵连速度

$\boldsymbol{a}$	加速度矢
a	加速度
$\boldsymbol{a}_a$	绝对加速度矢
$\boldsymbol{a}_r$	相对加速度矢
$\boldsymbol{a}_e$	牵连加速度矢
$\boldsymbol{a}_k$	科氏加速度矢
$\boldsymbol{a}_\tau$	切向加速度矢
$\boldsymbol{a}_n$	法向加速度矢
t	时间
s	弧长、弧坐标
φ	转角、角位移
$\boldsymbol{\omega}$	角速度矢
ω	角速度、圆频率

ϵ	角加速度矢
ϵ	角加速度
c	质心、阻尼系数
r_c	质心的矢径、质心的位置向量
x_c, y_c, z_c	质心坐标
v_c	质心速度
a_c	质心加速度
ρ	曲率半径、密度
G, P	重量、重力
g	重力加速度
K	动量
S	冲量
Φ	附加推力

L_o	对点 O 的动量矩矢
L_z	对轴的动量矩
I, I_t	转动惯量
I_{xy}	惯性积
Ω	进动角速度
W	功
T	动能、周期
U	势能
η	效率
δ	变形量、对数减幅系数
F_g	惯性力
R_g	惯性力系的主矢
M_g	惯性力系的主矩

k	弹簧的刚性系数、恢复系数
f	振动频率、引力常数
ω_n	圆频率、固有频率
A	周期
α	初相位
β	相位差
q_j	广义坐标
δ_{qj}	广义虚位移
$\dot{q}_j$	广义速度
Q_j	广义力
L	拉格朗日函数

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 静 力 学

第一章 受力分析基础	2
§ 1-1 基本概念	2
§ 1-2 静力学公理	5
§ 1-3 约束的类型及约束反力的方向	9
§ 1-4 受力图	16
习 题	20
第二章 汇交力系	23
§ 2-1 平面汇交力系	24
§ 2-2 空间汇交力系	32
习 题	35
第三章 力矩	41
§ 3-1 力对点的矩	41
§ 3-2 力对轴的矩	43
§ 3-3 力对点之矩与力对通过该点的轴之矩的关系	45
§ 3-4 汇交力系的合力矩定理	50
习 题	51
第四章 力偶理论	55
§ 4-1 力偶的性质	56
§ 4-2 力偶系的简化及平衡条件	61
习 题	64
第五章 平面任意力系	67
§ 5-1 力的平移定理	67

§ 5-2	平面任意力系向一点的简化	68
§ 5-3	平面任意力系的平衡条件和平衡方程	75
§ 5-4	平面任意力系平衡方程的其他形式	78
§ 5-5	平面平行力系的平衡方程	81
§ 5-6	物体系统的平衡问题 静定和静不定的概念	85
习 题		97
第六章 摩擦		109
§ 6-1	滑动摩擦力和摩擦定律	109
§ 6-2	摩擦角和自锁现象	112
§ 6-3	有滑动摩擦时的平衡问题举例	115
§ 6-4	滚动摩阻	124
习 题		127
第七章 空间任意力系		136
§ 7-1	空间任意力系向一点的简化	136
§ 7-2	空间任意力系的平衡条件和平衡方程	141
习 题		147
第八章 重心		152
§ 8-1	平行力系中心	152
§ 8-2	物体重心的坐标公式	154
§ 8-3	组合形体的重心	158
§ 8-4	用实验法测定重心的位置	160
习 题		162

第二篇 运 动 学

第九章 点的运动学		169
§ 9-1	研究点的运动的矢量法	170
§ 9-2	研究点的运动的直角坐标法	172
§ 9-3	研究点的运动的自然法	183
习 题		196

第十章 刚体的基本运动	203
§ 10-1 刚体的平动	203
§ 10-2 刚体的定轴转动	205
§ 10-3 转动刚体内各点的速度和加速度	208
§ 10-4 定轴轮系的传动比	213
§ 10-5 角速度和角加速度矢量 以矢积表示点的速度和加速度	216
习 题	220
第十一章 点的合成运动	228
§ 11-1 点的合成运动的概念	228
§ 11-2 点的速度合成定理	230
§ 11-3 牵连运动为平动时点的加速度合成定理	238
§ 11-4 牵连运动为转动时点的加速度合成定理	242
习 题	255
第十二章 刚体的平面运动	268
§ 12-1 刚体平面运动的概念	268
§ 12-2 刚体的平面运动方程 平面运动分解为平动和转动	269
§ 12-3 求平面图形内各点速度的基点法	272
§ 12-4 求平面图形内各点速度的瞬心法	279
§ 12-5 求平面图形内各点加速度的基点法	286
§ 12-6 刚体绕平行轴转动的合成*	295
习 题	304
第十三章 刚体绕定点运动和刚体的一般运动*	320
§ 13-1 刚体绕定点运动方程 欧拉角	320
§ 13-2 刚体绕定点运动的位移定理 瞬时转动轴	322
§ 13-3 绕定点运动刚体的角速度和角加速度	324
§ 13-4 绕相交轴转动刚体的角速度	326
§ 13-5 绕定点运动刚体内各点的速度和加速度	331
§ 13-6 刚体的一般运动	334
习 题	338
附录 矢量分析基础	344

绪 论

理论力学是研究物体机械运动普遍规律的科学。

所谓机械运动,就是物体在空间的位置随时间而发生变化(包括物体的变形)。例如天体的运行,飞机的飞行,机器的运转以及人体的活动等等,都是机械运动。也包括平衡,因为平衡是机械运动的一种特殊情形。机械运动是物质运动的最简单、最基本的形式。

力学的产生和发展,是与社会生产紧密相联的。从古埃及的金字塔建筑到当代航天技术的发展,每个历史时期都有力学的新成就和新贡献。当今,上至天体的运行,下至地壳的运动,旁及物理、化学,甚至生命现象的研究等所有科学技术领域,几乎无一不涉及到力学的基础理论,即理论力学所阐明的基本原理,所以,理论力学是现代工程技术的科学基础。基于这种原理,理论力学的定律和结论被广泛地应用在一系列别的课程(如材料力学、振动理论、机械原理、流体力学和结构力学等等)之中,因而理论力学又是高等工程教育中的一门重要的技术基础课程。

理论力学所研究的内容是属于伽利略和牛顿归纳的基本定律为基础的古典力学范畴。本世纪初,由于近代物理学的发展,发现并证明了古典力学定律的应用范围是有局限性的,即这些定律不适用于研究微观粒子的运动,也不适用于速度接近光速的物体的运动。但是,在工程技术中,所要研究和处理的物体机械运动问题,一般都属于低速宏观物体的问题。所以,古典力学仍然具有重大的实用意义,并且在不断发展中。

第一篇 静力学

静力学研究物体在力作用下平衡的规律。本篇共分八章,围绕以下三个基本问题进行论述:

- (1) 物体的受力分析。
- (2) 力系的简化。
- (3) 建立各种力系的平衡条件。

第一章 受力分析基础

本章主要介绍一些基本概念和静力学公理,以提供分析物体受力的理论根据,以及把物体受力情况用受力图表示的定性方法。从考虑物体的受力到画出受力图,这个过程称为受力分析,是静力学乃至动力学的一个十分重要的环节。

§ 1-1 基本概念

一、力的概念

由物理学知道,力是一种概念,这就是:力是物体之间相互的机械作用,作用的结果使物体产生两种宏观效应,一种是使物体的

机械运动状态发生变化,称为力的外效应或运动效应,另一种是物体的几何形状发生变化,称为力的内效应或变形效应。理论力学主要研究力的运动效应。

我们还知道,力对物体的作用效应,取决于力的三要素,即力的大小、方向和作用点。可见,力是矢量^①。同时,由于这种矢量与力作用点有关,故称为定位矢量。图 1-1 为定位矢量的图示,它表明一大小为 F 的力,作用于点 A ,力矢 F 的方向与 x 轴成 α 角。力矢所沿着的直线称为力的作用线。

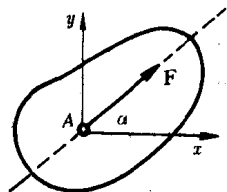


图 1-1

在国际单位制(SI 单位制)中,力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN), $1\text{kN}=10^3\text{N}$ 。在工程单位制中,力的单位是公斤力(kgf)。两者的换算关系是: $1\text{kgf}\approx 9.8\text{N}$ 。本书采用国际单位制。

在工程中,我们会遇到各种各样的力,如重力、弹性力、气体压力等等。尽管力的种类繁多,但在受力分析时,我们总可以把它们归入分布力和集中力两大类之中。

分布力是指作用在物体内部各点处、或某一部分面积上或长度上的力,并分别称为体分布力、面分布力和线分布力。例如:物体内部各点的重力,就是体分布力;汽缸内气体对汽缸壁的压力是面分布力;一根张紧的水平细绳上各点的重力,可以看作是线分布力。分布力通常用其集度来度量其大小,工程上常用的单位是: N/m^3 (体分布力), N/m^2 (面分布力), N/m (线分布力)。

当分布力作用的面积远小于物体的整体尺寸时,可把该面积抽象为一个点,从而把该处的分布力简化为作用于该点处的集中

^① 在本书中,矢量的符号用黑体字母表示(如 F),矢量的模则用普通字母表示。