



三导丛书

理论力学 (上册)

(西工大版·哈工大·第六版)

导教·导学·导考

DAOJIAO DAOXUE DAOKAO

蔡泰信 和兴锁 编

- 重点内容提要
- 知识结构图
- 习题分类·解题步骤·解题要求
- 典型题·常考题型·考研题型范例精解
- 思考题及其解答
- 课后习题选解

西北工业大学出版社

三导丛书

理论力学

(西工大版·哈工大·第六版)

导教·导学·导考

(上册)

蔡泰信 和兴锁



西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是参考西北工业大学编《理论力学》和哈尔滨工业大学编《理论力学》(第6版)而编写的课程教学、学习辅导书。书中每章包括重点内容提要、知识结构图、习题分类、解题步骤和解题要求,典型题、常考题型和考研题型范例精解,思考题及其解答,课后习题选解共六部分内容。书末附有大学生课程考试和硕士研究生入学考试的试题及其解答,还附有提高学生解题能力和青年教师讲课能力的专题论述。本书反映了各类型理论力学考试的主要内容,有助于提高学生的解题能力,也会对提高青年教师的讲课水平大有裨益。

本书分上、下两册,上册包括静力学和运动学,下册包括动力学和附录。

本书可供学习理论力学课程的大学生、考研者和青年教师阅读,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学 导教·导学·导考/蔡泰信,和兴锁编. —西安:西北工业大学出版社,2003.8

(三导丛书)

ISBN 7-5612-1643-2

I. 理… II. 蔡… III. 和… IV. 理论力学—高等学校—教学参考资料 V. O13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 023640 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:029-8493844

网 址:www.nwpup.com

印刷者:陕西向阳印务有限公司

开 本:850 mm×1 168 mm 1 32

印 张:26.00

字 数:840 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数:01~6 000 册

定 价:(上、下册):33.00 元,本册定价:15.00 元

前 言

为了适应理论力学课程教学的需要，根据广大读者的要求，应西北工业大学出版社的约请，我们编写了《理论力学导教·导学·导考》一书，供学习理论力学课程的大学生、有志考研复习本课程的考生以及从事理论力学课程教学的青年教师参考。

近半个世纪以来，以季文美、吕茂烈教授为首的西北工业大学理论力学教研室，以及以王铎教授为首的哈尔滨工业大学理论力学教研室编写的两套理论力学教材和教学参考书，在全国都具有广泛影响，得到兄弟院校和广大读者好评。本书正是参考西工大编写的《理论力学》教材和哈工大编写的《理论力学》（第6版）而编写的教学、学习、应试指导书。

本书每章包括六部分内容。即：重点内容提要，知识结构图，习题分类、解题步骤和解题要求，典型题、常考题型和考研题型范例精解，思考题及其解答，课后习题选解。它反映了理论力学课程的重点、难点和主要内容以及课程考试与考研大纲要求。阅读本书既有利于读者参加各类型理论力学考试，也会对提高青年教师的讲课水平大有裨益。书中的例题是精

选的典型题，除了对例题进行深入分析和讨论外，多数例题都采用了多种方法求解，这有助于读者融会贯通所学的内容。本书力求把基本问题交代清楚，启发读者积极思考，并不断加大难度，使读者逐步掌握不同类型题目的解题思路和解题方法，激发学习兴趣，提高解题能力。书末还附有大学生课程考试和硕士研究生入学考试的理论力学试题及其解答共 5 套。为了体现“三导”意图，书末还附有“通过习题分类和典型题分析，提高应试解题能力”，以及“同青年教师谈讲课”等专题，这有利于读者提高解题能力和讲课水平。另外，解题能力的培养和提高，是读者独立思考、反复实践、不断总结经验和训练的过程。希望读者在自我思考做题的基础上，有针对性地参阅“课后习题选解”。如果不首先经过认真思考，单纯依赖题解，这将违背编者的意愿。

本书分上、下两册，上册包括静力学和运动学，下册包括动力学和附录。引申和加选内容用“*”号标出。

本书由蔡泰信、和兴锁编写。在编写过程中，曾参阅了西北工业大学和其他兄弟院校的有关教材、参考书、专著和文献，并得到许多老师、同行和西北工业大学出版社的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，敬请读者批评指正。

编者

2003 年 3 月

于西北工业大学

主要符号表

a	加速度	g	重力加速度
a_a	绝对加速度	H_O	质点系对点 O 的动量矩
a_r	相对加速度	H_x, H_y, H_z	质点系对点 O 的动量矩
a_r	牵连加速度		H_O 在轴 x, y, z 上的投影
a_k	科氏加速度	i, j, k	沿正交轴 x, y, z 的单位矢量
a_c	质心加速度	I_x, I_y, I_z	刚体对轴 x, y, z 的转动惯量
a_n	法向加速度		
a_t	切向加速度	I_{xy}	刚体对轴 x 和 y 的惯性积
a_{Av}	质点 A 的切向加速度	I_{yz}	刚体对轴 y 和 z 的惯性积
a_{Av}	质点 A 的法向加速度	I_{zx}	刚体对轴 z 和 x 的惯性积
$a_{M'}^o$	动点 M 绕基点 O 相对转动的切向加速度	i_{12}	主动轮 1 对从动轮 2 的传动比
$a_{M'}^o$	动点 M 绕基点 O 相对转动的法向加速度	k	弹簧的刚度系数, 曲率
A	自由振动的振幅, 面积	K	质点系的动量
C	重心, 速度瞬心	l	力偶矩, 长度
dr	实位移	l	力偶矩矢
$d'W$	元功	L	拉格朗日函数, 力偶矩
e	碰撞恢复因数	L	合力偶矩矢
F	外力, 作用力, 摩擦力	L_O	力系对简化中心 O 的主矩
F_x, F_y, F_z	作用力 F 在轴 x, y, z 上的投影	L_Q	惯性力的主矩
f	静滑动摩擦因数, 振动频率	m	质点的质量
f'	动滑动摩擦因数	$m_O(F)$	力 F 对点 O 的矩
F_m	最大静滑动摩擦力	$m_O(F)$	力 F 对点 O 的矩矢
G	重力	$m_x(F), m_y(F), m_z(F)$	力 F 对轴 x, y, z 的矩
		$m_O(mv)$	质点的动量 mv 对点 O 的动量矩

$m_1(mv), m_2(mv), m_3(mv)$	质点对点	v_a	绝对速度
O	的动量矩 $m_0(mv)$ 在轴 $x,$	v_r	牵连速度
	y, z 上的投影	v_r	相对速度
M	质点系的质量	v_C	质心速度
n	$(2n = \frac{\mu}{m})$ 阻尼比	v_{M0}	动点 M 绕基点 O 相对转动的速度
N	约束反力或约束力	W	力的功
N_x, N_y, N_z	约束反力 N 在轴 x, y, z	x, y, z	直角坐标
	上的投影	x_C, y_C, z_C	质心的直角坐标
O	坐标系原点	$\omega(\omega)$	角速度(角速度矢), 扰力频率
p	固有频率(圆频率)	ω_a	绝对角速度
P	功率	ω_r	牵连角速度
Q	惯性力	ω_r	相对角速度
Q_j	对应于第 j 个广义坐标的广义力	$\varepsilon(\varepsilon)$	角加速度(角加速度矢)
Q_c	牵连惯性力	ε_a	绝对角加速度
Q_k	科氏惯性力	ε_r	牵连角加速度
q	载荷集度, 广义坐标	ε_r	相对角加速度
R	合力, 阻力	τ	振动周期
R_x, R_y, R_z	合力 R 在轴 x, y, z 上的投	ρ	曲率半径, 密度
	影	φ	初相角
R_Q	惯性力系的主矢	φ_m	摩擦角
r	半径	η	机械效率
r	矢径	δr	虚位移
s	弧坐标	δW	虚功
S	冲量, 碰撞冲量, 杆的内力	β	放大率(放大系数)
T	质点系的动能	μ	阻尼系数
T	拉力	ν	$(= \omega/p)$ 频率比
t	时间	δ	弹簧变形, 变分符号
u	质点的速度	δ_0	弹簧静变形, 静伸长
V	质点系的势能	Φ	附加推力
v	质点的速度		

目 录

上 册

主要符号表	1
第 1 章 静力学公理和物体的受力分析	1
1.1 重点内容提要	1
1.2 知识结构图	5
1.3 习题分类·解题步骤·解题要求	6
1.4 典型题·常考题型·考研题型范例精解	7
1.5 思考题及其解答	15
1.6 课后习题选解	19
第 2 章 平面基本力系	29
2.1 重点内容提要	29
2.2 知识结构图	31
2.3 习题分类·解题步骤·解题要求	32
2.4 典型题·常考题型·考研题型范例精解	33
2.5 思考题及其解答	40
2.6 课后习题选解	45
第 3 章 平面任意力系	53
3.1 重点内容提要	53

3.2	知识结构图	56
3.3	习题分类·解题步骤·解题要求	57
3.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解	58
3.5	思考题及其解答	78
3.6	课后习题选解	83
第4章	摩擦	101
4.1	重点内容提要	101
4.2	知识结构图	103
4.3	习题分类·解题步骤·解题要求	104
4.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解	105
4.5	思考题及其解答	126
4.6	课后习题选解	130
第5章	空间力系	147
5.1	重点内容提要	147
5.2	知识结构图	153
5.3	习题分类·解题特点·解题要求	155
5.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解	156
5.5	思考题及其解答	165
5.6	课后习题选解	169
第6章	点的运动学	181
6.1	重点内容提要	181
6.2	知识结构图	185
6.3	习题分类·解题步骤·解题要求	186
6.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解	187
6.5	思考题及其解答	195
6.6	课后习题选解	198
第7章	刚体的基本运动	206
7.1	重点内容提要	206
7.2	知识结构图	211

7.3	习题分类·解题方法·解题要求	212
7.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解	212
7.5	思考题及其解答	216
7.6	课后习题选解	219
第8章	点的复合运动	222
8.1	重点内容提要	222
8.2	知识结构图	224
8.3	习题分类·解题步骤和要点·解题要求	225
8.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解	231
8.5	思考题及其解答	256
8.6	课后习题选解	263
第9章	刚体的平面运动与综合题	282
9.1	重点内容提要	282
9.2	知识结构图	287
9.3	习题分类·解题步骤·解题要求	288
9.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解	292
9.5	思考题及其解答	326
9.6	课后习题选解	329

目 录

下 册

第 10 章 质点动力学基础	347
10.1 重点内容提要	347
10.2 知识结构图	349
10.3 习题分类·解题步骤·解题要求	350
10.4 典型题·常考题型·考研题型范例精解	351
10.5 思考题及其解答	363
10.6 课后习题选解	367
第 11 章 动能定理	379
11.1 重点内容提要	379
11.2 知识结构图	384
11.3 习题分类·解题步骤·解题要求	385
11.4 典型题·常考题型·考研题型范例精解	387
11.5 思考题及其解答	403
11.6 课后习题选解	407
第 12 章 动量定理和质心运动定理	418
12.1 重点内容提要	418
12.2 知识结构图	421

12.3	习题分类·解题步骤·解题要求	422
12.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解	424
12.5	思考题及其解答	436
12.6	课后习题选解	440
第 13 章	动量矩定理·动力学普遍定理综合应用	451
13.1	重点内容提要	451
13.2	知识结构图	455
13.3	习题分类·解题步骤·解题要求	456
13.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解	458
13.5	思考题及其解答	493
13.6	课后习题选解	499
第 14 章	碰撞	521
14.1	重点内容提要	521
14.2	知识结构图	524
14.3	习题分类·解题步骤·解题要求	525
14.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解	526
14.5	思考题及其解答	546
14.6	课后习题选解	549
第 15 章	达朗伯原理和动静法	561
15.1	重点内容提要	561
15.2	知识结构图	565
15.3	习题分类·解题步骤·解题要求	566
15.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解	567
15.5	思考题及其解答	586
15.6	课后习题选解	591
第 16 章	虚位移原理	605
16.1	重点内容提要	605
16.2	知识结构图	608
16.3	习题分类·解题步骤·解题要求	609

16.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解·····	610
16.5	思考题及其解答·····	629
16.6	课后习题选解·····	633
第 17 章	动力学普遍方程·拉格朗日方程·动力学综合应用 ·····	651
17.1	重点内容提要·····	651
17.2	知识结构图·····	653
17.3	习题分类·解题步骤·解题要求·····	653
17.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解·····	655
17.5	思考题及其解答·····	704
17.6	课后习题选解·····	708
第 18 章	机械振动基础 ·····	725
18.1	重点内容提要·····	725
18.2	知识结构图·····	729
18.3	习题分类·解题步骤·解题要求·····	730
18.4	典型题·常考题型·考研题型范例精解·····	731
18.5	思考题及其解答·····	747
18.6	课后习题选解·····	750
附录	·····	760
附录 A	理论力学课程考试试题及其解答 ·····	760
附录 B	硕士研究生入学考试理论力学试题及其解答 ·····	780
附录 C	同青年教师谈讲课·····	799
附录 D	通过习题分类和典型题分析,提高应试解题 能力·····	805
参考文献	·····	814

第1章 静力学公理和 物体的受力分析

1.1 重点内容提要

1.1.1 静力学基本概念

(1) 力的概念。力是物体间相互的机械作用。这种作用可使物体的运动状态和形状发生改变。前者称为力的运动效应或外效应，后者称为力的变形效应或内效应。

(2) 刚体的概念。刚体是指在力的作用下形状和大小都始终保持不变的物体。或者说，刚体内任意两点间的距离保持不变。刚体是实际物体抽象化的一个力学模型。

(3) 平衡的概念。平衡是指物体相对于某个惯性参考系处于静止或作匀速直线运动，它是机械运动的特殊情况。

(4) 约束和约束反力的概念。限制非自由体运动的条件，称为加于该非自由体的约束。为方便起见，把构成约束条件的周围物体，也称为约束。约束反力是约束作用在被约束物体上的力，其方向与约束类型有关。约束反力的方向恒与非自由体被约束所阻碍的位移方向相反。约束反力可简称为约束力或反力。

1.1.2 静力学公理

静力学公理概括了力的基本性质，是静力学的理论基础。

公理一（二力平衡公理）要使刚体在两个力作用下维持平衡的必要和充分条件：这两个力的大小相等，沿同一直线作用，而指向相反。

公理二（加减平衡力系公理）可以在作用于刚体的任何一个力系上加上或减去几个平衡力系，而不改变原力系对该刚体的作用。

推理一 (力在刚体上的可传性) 作用在刚体上的力, 它的作用点可沿其作用线在该刚体内任意移动, 而不改变这力对该刚体的作用。

公理三 (力的平行四边形法则) 作用于物体上任一点的两个力, 可以合成为作用于同一点的一个合力。合力的矢由原两力的矢为邻边而作出的力平行四边形的对角矢来表示。即合力为原两力的矢量和。

推理二 (三力平衡汇交定理) 当刚体在三个力作用下平衡时, 设其中两个力的作用线相交于某点, 则此三个力必在同一平面内, 且第三个力的作用线必定也通过该点。

公理四 (作用和反作用定律) 任何两个物体相互作用的力, 总是大小相等, 作用线相同, 但指向相反, 并分别作用在这两个物体上。

公理五 (刚化公理) 设变形体在某力系作用下处于平衡状态, 则如将这个已变形的平衡物体变成刚体(刚化), 其平衡状态保持不变。

注 公理一和公理二仅适用于刚体, 而公理三和公理四对任何物体都适用。

1.1.3 几种基本约束类型及其约束反力

(1) 柔软的绳索(链条或胶带等)构成的约束。约束反力只能是拉力, 作用在接触点, 其方向沿着绳索而背离被约束的物体, 如图 1.1 和图 1.2 所示。

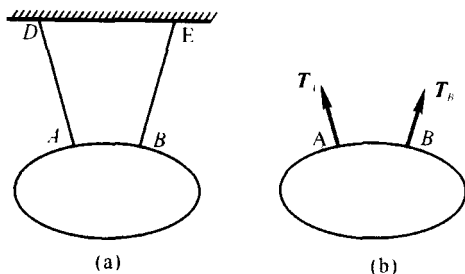


图 1.1

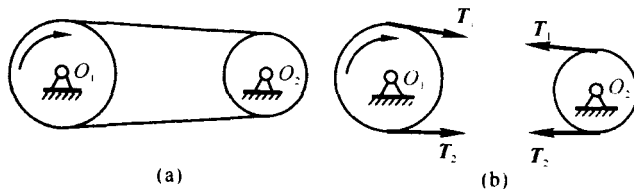


图 1.2

(2) 光滑接触表面的约束。约束反力作用在接触处，方向沿接触表面的公法线，并指向被约束的物体，如图 1.3 和图 1.4 所示。



图 1.3

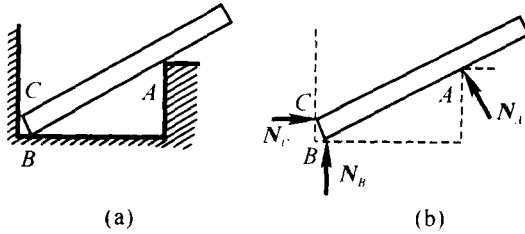


图 1.4

(3) 光滑圆柱铰链和固定铰链支座。约束反力的作用线必在垂直于圆柱轴线的平面内并通过圆心，而它的方向则不能预先独立确定。它可用通过圆心而大小未知的 2 个正交分力表示，如图 1.5 和图 1.6 所示。

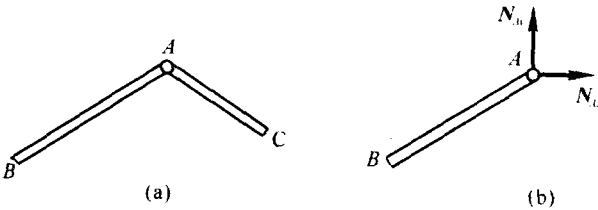


图 1.5

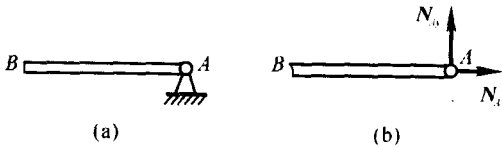


图 1.6

(4) 活动(铰链)支座。约束反力与支承面垂直，其作用线通过铰链的轴心。这类支座也可不用铰链而用单个滚子来实现，如图 1.7 所示。

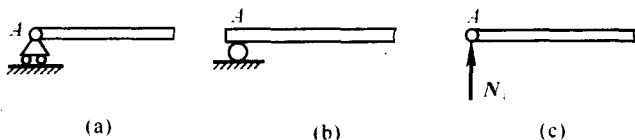


图 1.7

(5) 球铰链。约束反力的作用线恒通过铰链球心，其方向不能预先独立确定。它可用通过球心而大小未知的 3 个正交分力表示，如图 1.8 所示。

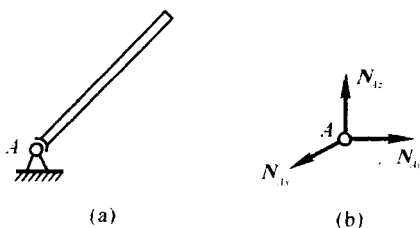


图 1.8

(6) 双铰链刚杆连接。本身不受主动力作用的双铰刚杆的约束反力，其方向必定沿两端铰链中心的连线，如图 1.9 所示。

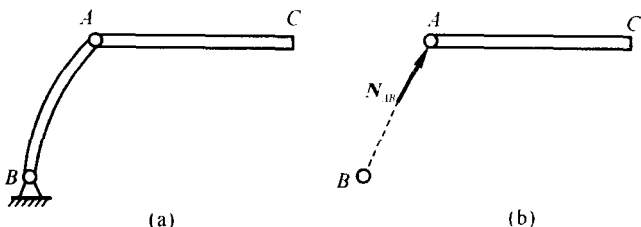


图 1.9

小结

本章介绍了静力学的 4 个基本概念，静力学的 5 个公理，几种常见约束类型及其约束反力的表示方法；在此基础上介绍了受力分析和如何画受力图。受力分析和受力图不仅是本章的重点，还将贯穿到静力学和动力学。本章的难点是约束反力的正确表示方法。今后还将陆续介绍其他较复杂的约束类型（如：固定（插入）端，向心轴承，止推轴承，螺铰链等），以及其约束反力的表示方法。