

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

工程力学

主 编 李宗信
副主编 阳彦雄 李 洁



科学出版社

www.sciencep.com

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

工 程 力 学

主 编 李宗信

副主编 阳彦雄 李 洁

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是应高等职业教育人才培养创新教材出版工程四川编委会的要求而编写的。可作为高等职业学院、高等专科学校、成人高校等学校机械类专业70~100学时工程力学课程的教材。

全书共两篇15章。上篇理论力学部分包括:静力学的基本概念、平面力系、摩擦、空间力系、质点的运动、刚体运动、动量定理、动能定理。下篇材料力学部分包括:轴向拉伸和压缩、剪切的实用计算、扭转、杆件弯曲、应力状态与强度理论、组合变形、压杆的稳定性计算。本书采用国际单位制,每章后均有小结、思考题及习题,书末附有习题答案。书中有带“*”的部分为选讲内容。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/李宗信主编. —北京:科学出版社,2008
(高等职业教育人才培养创新教材出版工程)
ISBN 978-7-03-022083-7

I. 工… II. 李… 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(2008)第 073092 号

责任编辑:毛 莹 王向珍 / 责任校对:陈玉凤
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

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

*

2008年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2008年8月第一次印刷 印张:23 3/4

印数:1—4 000

字数:445 000

定价:36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

四川编委会

主任委员

陈传伟 成都电子机械高等专科学校副校长

副主任委员

汪令江 成都大学教务处长

李学锋 成都航空职业技术学院教务处长

季 辉 成都电子机械高等专科学校教务处长

林 鹏 科学出版社副总编辑

委 员

黄小平 成都纺织高等专科学校教务处长

凤 勇 四川交通职业技术学院教务处长

丁建生 四川工程职业技术学院教务处长

郑学全 绵阳职业技术学院教务处长

彭 涛 泸州职业技术学院教务处长

秦庆礼 四川航天职业技术学院学术委员会主任

谢 婧 内江职业技术学院教务处副处长

胡华强 科学出版社高等教育出版中心主任

出版说明

为进一步适应我国高等职业教育需求的迅猛发展,推动学校向“以就业为导向”的现代高等职业教育新模式转变,促进学校办学特色的凝练,高等职业教育人才培养创新教材出版工程四川编委会本着平等、自愿、协商的原则,开展高等院校间的高等职业教育教材建设协作,并与科学出版社合作,积极策划、组织、出版各类教材。

在教材建设中,编委会倡导以专业建设为龙头的教材选题方针,在对专业建设和课程体系进行梳理并达成较为一致的意见后,进行教材选题规划,提出指导性意见。根据新时代对高技能人才的需求,专门针对现代高等职业教育“以就业为导向”的培养模式,反映知识更新和科技发展的最新动态,将新知识、新技术、新工艺、新案例及时反映到教材中来,体现教学改革最新理念和职业岗位新要求,思路创新,内容新颖,突出实用,成系配套。

教材选题的类型主要是理论课教材、实训教材、实验指导书,有能力进行教学素材和多媒体课件立体化配套的优先考虑;能反映教学改革最新思路的教材优先考虑;国家、省级精品课程教材优先考虑。

这批教材的书稿主要是从教学实践及师生反响较好的讲义中经院校推荐,由编委会遴选产生的。为保证教材的出版和提高教材的质量,作者、编委会和出版社做出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作可能仍有不足之处,希望使用教材的学校及师生积极提出批评和建议,共同为提高我国高等职业教育教学、教材质量而努力。

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

四川编委会

2004年10月20日

前 言

本书适合作为高职高专近机械类专业 70~100 学时工程力学课程的教学用书。

在本书的编写过程中,充分汲取了高等工业专科学校、地方职业大学和高等职业技术学院近年来的教学改革经验,力求体现高职高专培养技术应用型专门人才的特色,在理论阐述上着重讲清基本的力学概念,简化理论推导,强化应用,加强与工程实际的联系。每章后有小结、思考题及习题,适应高职高专生源多样化的教学需要。

本书共 15 章,参加本书编写的有:宜宾职业技术学院阳彦雄(第 5、8、10、13 章),泸州职业技术学院李洁(第 6、7、12 章),绵阳职业技术学院李宗信(前言、主要字符表、绪论、引言、第 1、2、3、4、9、11 章),四川信息职业技术学院何苗(第 14、15 章)。全书由李宗信任主编并统稿,阳彦雄、李洁任副主编。

由于编者水平有限,且编写时间仓促,书中难免存在缺点和不足之处,希望读者提出批评意见。

编 者

2008 年 3 月

主要字符表

符 号	意 义	常用单位
P, F	集中力	N, kN
T	拉力	N, kN
R	合力, 支反力	N, kN
W, G	重力	N, kN
q	线分布荷载集度	N/m, kN/m
m	外力偶矩	N · m, kN · m
W	功	J
N	功率	kW
N	轴力	N, kN
Q	剪力	N, kN
$M(M_y, M_z)$	弯矩	N · m, kN · m
T	扭矩	N · m, kN · m
F_{cr}	压杆的临界力	N, kN
σ	正应力	MPa
τ	剪应力	MPa
$[\sigma]$	许用正应力	MPa
$[\tau]$	许用剪应力	MPa
σ_{jy}	挤压应力	MPa
$[\sigma_{jy}]$	许用挤压应力	MPa
σ_{cr}	压杆临界应力	MPa
$[\sigma_{cr}]$	压杆许用应力	MPa
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	主应力	MPa
σ_p	比例极限	MPa
σ_e	弹性极限	MPa
σ_s	屈服极限	MPa
σ_b	强度极限	MPa
σ_0	极限应力	MPa
E	弹性模量	MPa
G	剪切弹性模量	MPa

n	安全系数	无量纲
n_{st}	稳定安全系数	无量纲
μ	泊松比	无量纲
Δl	轴向伸长(缩短)	mm, m
ϵ	线应变	无量纲
γ	剪应变	无量纲
θ	梁的转角	rad
$[\theta]$	许用扭转角	rad/m
φ	扭转角	rad
y	挠度	mm, m
$[y]$	许用挠度	mm, m
δ	延伸率	无量纲
ψ	截面收缩率	无量纲
A	面积	mm ² , m ²
A_{iy}	挤压面积	mm ² , m ²
$S(S_y, S_x)$	静矩	mm ² , m ²
$I(I_y, I_z)$	惯性矩	mm ⁴ , m ⁴
I_p	极惯性矩	mm ⁴ , m ⁴
$W(W_y, W_z)$	抗弯截面模量	mm ³ , m ³
W_p	抗扭截面模量	mm ³ , m ³
$i(i_y, i_z)$	惯性半径	mm, m
λ	压杆的柔度	无量纲
n	转速	r/min
v	速度	m/s
a	加速度	m/s ²

目 录

出版说明

前言

主要字符表

上篇 理论力学

引言	3
第 1 章 静力学的基本概念	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 受力图	14
小结	18
思考题	18
习题	19
第 2 章 平面力系	23
2.1 平面汇交力系	23
2.2 力矩和平面力偶系	28
2.3 平面任意力系的简化	36
2.4 平面力系的平衡方程及其应用	39
2.5 静定与超静定问题物系的平衡	49
小结	54
思考题	55
习题	57
第 3 章 摩擦	66
3.1 滑动摩擦	67
3.2 考虑摩擦时物体的平衡问题计算	68

3.3 滚动摩擦简介	76
小结	77
思考题	78
习题	79
第4章 空间力系	83
4.1 力在空间直角坐标轴上的投影	84
4.2 力对轴之矩	87
4.3 空间力系的平衡方程	90
4.4 重心	97
小结	104
思考题	105
习题	106
第5章 质点的运动	110
5.1 用自然法求点的运动	110
5.2 用直角坐标法求点的运动	115
5.3 质点动力学基本方程	118
5.4 动静法	122
小结	126
思考题	127
习题	128
第6章 刚体运动	131
6.1 刚体的平行移动	131
6.2 刚体的定轴转动	132
6.3 刚体定轴转动微分方程	140
*6.4 刚体的平面运动	144
小结	151
思考题	153
习题	154
第7章 动量定理	159
7.1 质点动量定理	159
7.2 质点系的动量定理	162
7.3 质心运动定理	164

小结	167
思考题	167
习题	167
第8章 动能定理	170
8.1 功和功率	170
8.2 质点的动能定理	175
8.3 质点系和刚体的动能定理	176
小结	180
思考题	181
习题	181

下篇 材料力学

引言	187
第9章 轴向拉伸和压缩	193
9.1 轴向拉伸和压缩的概念	193
9.2 轴向拉伸和压缩时的内力	194
9.3 轴向拉伸和压缩时横截面上的应力	196
9.4 轴向拉(压)杆斜截面上的应力	197
9.5 轴向拉伸和压缩时的变形——胡克定律	199
9.6 材料在拉伸和压缩时的力学性质	204
9.7 许用应力及安全系数	209
9.8 轴向拉伸和压缩时的强度计算	209
9.9 拉压超静定问题简介	213
9.10 应力集中的概念	216
小结	217
思考题	218
习题	219
第10章 剪切的实用计算	223
10.1 剪切与挤压的概念	223
10.2 剪切与挤压实用计算	224
10.3 剪切胡克定律	227
小结	228

思考题	229
习题	229
第 11 章 扭转	232
11.1 扭转的概念与外力偶矩的计算	232
11.2 圆轴扭转时横截面上的内力	233
11.3 圆轴扭转时横截面上的应力	236
11.4 圆轴扭转时的变形	241
11.5 圆轴扭转时的强度条件和刚度条件	241
11.6 矩形截面杆的扭转	245
小结	247
思考题	247
习题	248
第 12 章 杆件弯曲	251
12.1 梁的计算简图及分类	252
12.2 梁的内力——剪力和弯矩	253
12.3 剪力图和弯矩图	255
* 12.4 剪力、弯矩、荷载集度间的微分关系	261
12.5 纯弯曲正应力	263
12.6 弯曲剪应力简介	271
12.7 强度条件及其应用	274
12.8 弯曲变形	278
12.9 弯曲刚度条件及其应用	285
12.10 梁的合理设计	287
* 12.11 静不定梁	289
小结	291
思考题	291
习题	292
第 13 章 应力状态与强度理论	299
13.1 应力状态的概念	299
13.2 二向应力状态分析	300
13.3 三向应力状态的最大应力	304
13.4 广义胡克定律	305

13.5 强度理论	306
小结	312
思考题	314
习题	314
第 14 章 组合变形	316
14.1 组合变形的概念	316
14.2 拉伸(压缩)与弯曲的组合变形强度计算	317
14.3 扭转与弯曲的组合变形强度计算	322
小结	325
思考题	326
习题	326
第 15 章 压杆的稳定性计算	330
15.1 压杆稳定性的概念	330
15.2 压杆的临界力——欧拉公式	331
15.3 压杆的稳定条件	335
小结	338
思考题	338
习题	339
参考文献	341
附录 型钢规格表	342
习题答案	354

上篇 理论力学

引 言

工程力学是研究物体机械运动的一般规律和有关构件的强度、刚度、稳定性理论的科学,它包括理论力学和材料力学两部分内容。

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。所谓机械运动是指物体在空间的相对位置随时间而发生的改变。机械运动是物质运动形式中最简单、最初级的一种形式,在自然界和工程实际中随时都能遇到。星球的运动、车辆船只的行驶及各种机器的运动等,都是机械运动的实例。平衡是机械运动的特殊形式(一般是指物体相对于地球保持静止或做匀速直线运动),所以在理论力学中也要研究物体平衡的规律。

理论力学的内容通常包括静力学、运动学和动力学三部分。静力学:主要研究物体在外力作用下的平衡规律。运动学:只从几何观点来研究物体的运动,不考虑引起物体运动变化的原因。动力学:研究作用于物体上的力与运动变化之间的关系。

理论力学所研究的内容属于以伽利略、牛顿所总结的基本定律为基础的古典力学范畴。古典力学是随着生产与科学技术的发展而不断发展起来的,在研究宏观物体且速度远远小于光速的运动时,它具有足够的精确性。所以,古典力学在今天仍然具有巨大的实用意义。当前对一般的工程技术乃至以宇宙速度进行的航天技术中力学问题的研究,仍然以古典力学的定律为依据。

在日常生活和工程技术中,常会碰到各种机械运动,理论力学的定律、定理与结论广泛地运用于各种工程技术之中,如冶金、煤炭、石油、化工、轻工、纺织等,所以它是解决工程实际问题的重要基础。工程技术人员必须具备一定的理论力学知识,才能适应社会主义现代化建设的需要。

理论力学和其他任何一门科学一样,就其研究方法而言,不可能离开认识过程的客观规律。理论力学的研究方法是:从实践出发或通过观察试验,经过抽象化、综合、归纳,建立公理或提出基本假设,再由数学演绎和逻辑推理得到定理和结论,最后通过实践来证实理论的正确性。

观察和试验是理论发展的基础。首先,人们通过观察生活和生产实践中的各种现象,经过分析、综合和归纳,总结出力学最基本的规律。在远古时代,人们为了生活和灌溉的需要,制造了辘轳;为了建筑上搬运重物的需要,使用了杠杆、斜面和滑轮;为了长距离运输的需要,制造了车子等。制造和使用这些生活和生产工具,使人类对于机械运动有了初步的认识,并逐渐形成了“力”和“力矩”等基本概念,以

及“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。

人们除了在生活和生产实践中进行观察和分析,进行试验也是必不可少的。试验可以从复杂的自然现象中,人为地创造一些条件来突出事物发展的主要因素,并且能够定量地测定各个因素间的关系,因此试验也是形成理论的重要基础。例如,伽利略对自由落体和物体在斜面上的运动做了多次试验,提出了“加速度”的概念。特别是从近代力学的研究和发展来看,试验更是重要的研究方法之一。

在观察和试验的基础上,常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。同时,在抽象化的过程中,将研究对象转化为力学模型,通过数学演绎,得出工程上需要的力学公式。例如,在研究物体的运动和平衡规律时,忽略了受力产生的变形,将物体抽象为刚体;在运动学和动力学中,忽略物体的几何尺寸,有时将物体抽象为点、质点。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,得到各种形式的正确的具有物理意义和实用价值的定理和结论。

工程实际中,对于某些仪器或自动装置,主要是解决其运动符合特定要求的问题,而受力分析较为次要;而在某些机器的研究和设计中,必须进行受力分析、动力计算,如机器的振动和平衡问题、运动构件的强度计算等。因此,在运动学和动力学中,既要从几何方面研究物体的运动(如运动方程、速度和加速度等),又要研究作用在物体上的力和物体运动变化之间的关系。

在理论力学中,前人经过无数次的“实践—理论—实践”的循环反复过程,认识不断提高和深化,逐步总结和归纳出物体机械运动的一般规律。因此,我们学习并接受这样的书本知识是完全必要的;同时在接受这种书本知识以后,还必须在生产实践中去应用、验证和发展它。

理论力学的研究方法在科学研究中有一定的典型性,它为我们提供了科学研究的基本方法,有助于培养辩证唯物主义观点以及分析问题和解决问题的能力。

理论力学是一门理论性较强的技术基础课。本课程的学习任务是较系统地了解机械运动的基本规律及其研究方法,初步学会运用这些规律和方法去分析、解决工程实际中简单的力学问题,并为学习后续课程和有关的科学技术打下必要的基础。学习理论力学,应在理解理论力学基本概念和基本理论的基础上,将学到的理论不断地用于生产实践,学会应用所学的定理和公式去解决具体问题,这样才能使所学的知识得以深化和发展。