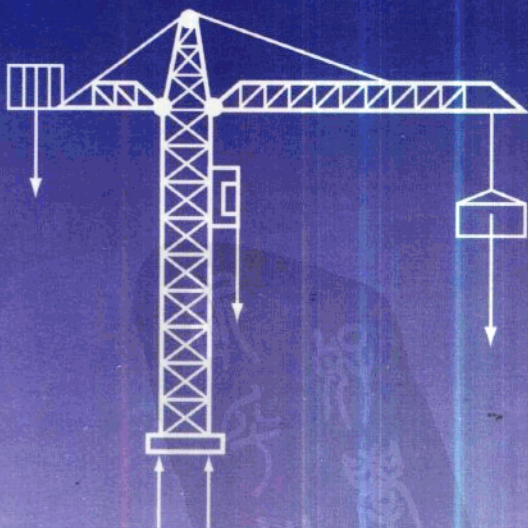


工程力学

上册

吴英龙 主编



西南交通大学出版社

T1312-43
u86

高等职业教育教材

工 程 力 学

上 册

主编 吴英龙

主审 宋世樟

编者 吴英龙 郝 昕 李祝云



A1057837

西南交通大学出版社

• 成 都 •

内 容 简 介

本书是根据1992年铁道部教育司审定的《工程力学》教学大纲(150学时)编写的。1994年首版,试用数年后,现修订再版。全书分上、下两册。上册为理论力学,下册为材料力学。上册内容包括静力学基础、平面汇交力系、平面力偶系、平面任意力系、摩擦、空间力系,点的运动、刚体的基本运动、点的合成运动、刚体的平面运动,质点动力学基本方程、刚体动力学基础、动能定理、动静法等。

全书理论叙述简明扼要,分析问题层次分明,可作为高等职业学校和职工中专机械类、近机类专业的工程力学教材,也可供自学者阅读。

本书采用国际单位制(SI),每章后附有思考题和练习题,书后附有练习题答案。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/吴英龙主编.——成都:西南交通大学出版社,2002.1

高等职业教育教材
ISBN 7-81057-580-5

I. 工... II. 吴... 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(2001)第098471号

工 程 力 学

上册

吴英龙 主编

*

出版人 宋绍南

责任编辑 毛文义

封面设计 肖勤

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环北路一段111号 邮政编码:610031 发行科电话:7600564)

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本:850mm×1168mm 1/32 印张:21.5

字数:506千字 印数:1—3000册

2002年1月第1版 2002年1月第1次印刷

ISBN 7-81057-580-5/TB·274

套价:26.00元

(上册:15.00元;下册:11.00元)

出版前言

随着我国高等专科教育、高等职业教育、成人高等教育的迅猛发展,为配合培养高等技术应用型专门人才,本着以“应用”为主旨及特征构建课程和教学内容体系之目的,我们对土建类、机械类专业四门力学课程(静力学、结构力学、材料力学、工程力学)教材修订版进行重新组合编辑出版。

本套教材立足铁路、面向全国,有关编审人员注意吸收大多数授课教师历年积累的教学试验,改正了原版本尚存的错漏。

本套教材力求在传授知识的同时注重基本力学原理与创新能力的培养,在阐述本学科知识的同时注意与相关学科的贯通、渗透和融合,重组课程体系,妥善处理本学科基本原理与现代科技成果的关系。

书中的例题及练习题、思考题内容丰富,概念清晰,解题严谨、难易适中,突出原理与工程实践的融会贯通。

随着教学改革的不深入,恳请读者对书中存在的问题和不足之处提出批评指正。

2002年1月

再版前言

本教材的第1版是根据1992年铁道部教育司审定的铁路中等专业学校力学教学大纲(理论力学80学时、材料力学70学时)编写的。通过几年来的使用,考虑到各专业教学改革对本课程要求的变化,需要进行修订再版。

在铁路中专力学课程组的主持下,于1996年11月在无锡召开了修订工作会议。会议对教材逐章逐节地进行了讨论,提出了许多宝贵意见。会后作者根据会议的要求作了认真的修改:对章节作了适当的调整;对章节内容、例题、思考题、练习题与答案等作了适当的增删和修订;取消了练习题册。

应教材编审小组的邀请,太原铁路机械学校唐文梅、柳州铁路运输学校秦崇庄、武汉铁路运输学校王接侯等同志都审阅了第1版教材,分别提出了不少修改意见,对本书的及时定稿起了很大作用。此外,使用过本书第1版的很多学校的教师陆续提出过一些修改建议,对修订工作都起了有益的作用。谨此一并致谢。

参加这次修订工作的有吴英龙、郝昕、宋世樟、刘兰城、陈锻兰、王新芸、王艳芬、徐广民等同志,仍由吴英龙担任主编。西南交通大学出版社给予了很大支持。

限于编者水平,修订后的教材难免还有不妥之处,希望广大教师和读者批评指正。

编 者

1997年2月

前 言

本书是根据 1992 年铁道部教育司审定的《工程力学》教学大纲(理论力学 80 学时,材料力学 70 学时)编写的。在编写过程中,我们注意了讲清基本概念、基本理论、基本方法的基础上精选教材内容,力求做到理论联系实际、深入浅出,并在贯彻启发式教学原则和重视对学生能力的培养方面,作了一点尝试。

本教材采用国际单位制(SI)——我国法定计量单位制的基础。个别非国际单位制的单位,书中作了说明。

本书分上、下两册,上册为理论力学,下册为材料力学。与本教材配套的还有练习题册(上、下册)和材料力学实验指导书。

本教材适用于中等专业学校机械类(多学时)各专业,对某些少学时专业和职工中专的一些专业,亦可根据教学大纲要求酌情使用。

本书由沈阳铁路机械学校吴英龙主编,武汉铁路运输学校宋世樟、太原铁路机械学校郝昕主审。参加编写的有沈阳铁路机械学校吴英龙(上册绪论及第一章至第四章)、北京铁路第二机械学校李祝云(上册第五章、第六章)、太原铁路机械学校郝昕(上册第七章至第十四章)、株洲铁路机械学校刘兰城(下册绪论、第一章、第二章)、乌鲁木齐铁路运输学校陈锻兰(下册第三章、第四章)、郑州铁路机械学校王新芸(下册第五章至第七章)。参加练习题册编写的有昆明铁路机械学校王艳芬(上册第一章至第四章)、南京铁路运输学校赵孝英(上册第五章、第六章)、苏州铁路机械学校黄怀庆(上册第七章至第十章)、南昌铁路机械学校朱成九(上册第十一

章至第十四章)、广州铁路机械学校李先武(下册第一章、第二章)、北京铁路电气化学校张佩丽(下册第三章、第四章)、郑州铁路机械学校徐广民(下册第五章至第七章)。全部练习题及练习题册由王艳芬(上册)、徐广民(下册)负责统一整理。材料力学实验指导书由徐广民编写。

参加审稿会议的除上述编审人员以外,还有内江铁路机械学校张美植、常州铁路机械学校楼纪国、兰州铁路机械学校陈德道和太原铁路机械学校唐文梅等同志,他们都对书稿提出了许多宝贵意见;在本书的编写过程中,我们还得到株洲铁路机械学校、广州铁路机械学校的大力支持,对此我们表示衷心的感谢!

由于编者业务水平有限,加之教学工作繁重,时间仓促,书中难免存在不少缺点和疏漏,诚恳希望有关专家和使用本书的同志们批评指正。

编 者

1994年3月

目 录

绪 论	1
-----	---

第一篇 静 力 学

第一章 静力学基础	3
§ 1-1 静力学的基本概念	4
§ 1-2 静力学公理	8
§ 1-3 约束与约束反力	14
§ 1-4 受力图	21
小 结	27
思考题	28
练习题	33
第二章 平面汇交力系	38
§ 2-1 平面汇交力系合成的几何法	39
§ 2-2 平面汇交力系平衡的几何条件	43
§ 2-3 力在坐标轴上的投影·合力投影定理	47
§ 2-4 平面汇交力系合成的解析法	50
§ 2-5 平面汇交力系平衡的解析条件	52
小 结	57
思考题	58
练习题	59

第三章 力矩与平面力偶系	63
§ 3-1 力矩的概念和计算	63
§ 3-2 力偶的概念	69
§ 3-3 平面力偶系的合成与平衡	75
§ 3-4 力的平移定理	80
小 结	81
思考题	82
练习题	84
第四章 平面任意力系	89
§ 4-1 平面任意力系的简化	90
§ 4-2 平面任意力系的简化结果	95
§ 4-3 平面任意力系的平衡条件与平衡方程	97
§ 4-4 平面平行力系的合成与平衡	103
§ 4-5 静定与静不定问题的概念	108
§ 4-6 物体系统的平衡问题	110
§ 4-7 平面简单桁架的内力计算	117
小 结	123
思考题	125
练习题	128
第五章 摩 擦	134
§ 5-1 滑动摩擦	134
§ 5-2 摩擦角和自锁条件	137
§ 5-3 考虑摩擦时的物体平衡问题	141
§ 5-4 滚动摩擦概念	147
小 结	149
思考题	150
练习题	152

第六章 空间力系与重心	157
§ 6-1 力在空间直角坐标轴上的投影	158
§ 6-2 空间汇交力系的合成与平衡	162
§ 6-3 力对轴之矩	165
§ 6-4 空间任意力系的平衡方程	169
§ 6-5 空间力系问题的平面解法	171
§ 6-6 重 心	174
小 结	185
思考题	187
练习题	188

第二篇 运 动 学

第七章 点的运动	195
§ 7-1 用自然坐标法确定点的运动	195
§ 7-2 用直角坐标法确定点的运动	209
小 结	218
思考题	219
练习题	220
第八章 刚体的基本运动	224
§ 8-1 刚体的平动	224
§ 8-2 刚体绕定轴转动	226
§ 8-3 转动刚体上各点的速度与加速度	232
小 结	237
思考题	238
练习题	238
第九章 点的合成运动	241
§ 9-1 相对运动、绝对运动和牵连运动	242

§ 9-2 点的速度合成定理	245
小 结	251
思考题	251
练习题	253
第十章 刚体的平面运动	257
§ 10-1 刚体平面运动的简化与运动方程	258
§ 10-2 平面运动刚体上各点的速度	260
小 结	272
思考题	273
练习题	274

第三篇 动 力 学

第十一章 质点动力学基本方程	279
§ 11-1 动力学基本定律	279
§ 11-2 单位制	282
§ 11-3 质点动力学方程	282
小 结	296
思考题	297
练习题	297
第十二章 刚体动力学基础	299
§ 12-1 平动刚体的动力学方程	299
§ 12-2 刚体绕定轴转动的动力学方程	299
§ 12-3 转动惯量	302
§ 12-4 刚体绕定轴转动动力学方程的应用	309
小 结	313
思考题	314
练习题	315

第十三章 动能定理	317
§ 13-1 力的功	317
§ 13-2 功率和效率	325
§ 13-3 动能与质点动能定理	329
§ 13-4 质点系动能定理	336
§ 13-5 质点系动能定理的应用	340
小 结	346
思考题	347
练习题	348
第十四章 动静法	351
§ 14-1 惯性力的概念	351
§ 14-2 动静法	353
§ 14-3 刚体惯性力系的简化及其应用	355
§ 14-4 静平衡和动平衡的概念	363
小 结	365
思考题	365
练习题	366
练习题答案	369
附录 单位及单位换算表	377
参考文献	379

绪 论

工程力学由理论力学和材料力学两部分组成,它是工科学校许多专业的一门重要的技术基础课。本课程阐述的某些理论和计算方法,不仅能直接用于解决实际工程问题(如桥梁、房屋、水坝等建筑物以及机车、车辆、起重机、机床等的设计计算),而且还为一系列后续课程(如结构力学、机械原理、机械零件、流体力学和一些专业课)提供重要的理论基础。工程力学课对于许多工科类学生和工程技术人员的重要性,显然无庸细说。

一、理论力学的任务

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,是指物体在空间的位置随时间发生的变化。客观世界存在着各种各样的运动,机械运动则是其中最简单、最常见的一种物质运动形式(但这丝毫不意味着学习理论力学可以不花费气力)。此外,物体的平衡,即物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动,乃是机械运动的特殊情况。因此,物体的平衡规律,也是理论力学所研究的重点内容之一。

理论力学的内容包括以下三部分:

静力学——主要研究物体在力系作用下的平衡规律。

运动学——只从几何角度研究物体的运动规律(如轨迹、速度和加速度等等),而不研究引起物体运动状态发生变化的物理原因。

动力学——研究作用于物体上的力与物体运动变化之间的关系。

二、材料力学的任务

材料力学是研究构件承载能力的一门科学。各种建筑物和机器都是由若干构件和零件组成的。构件和零件的受力分析与计算,是理论力学所要解决的问题,至于如何才能使构件和零件在载荷作用下安全、可靠地工作,则是材料力学所要解决的问题。材料力学的任务是,在保证构件既安全适用又经济合理的条件下,为构件选择适当的材料与合理的截面形状和尺寸。

三、工程力学的学习方法

工程力学是一门系统性很强的课程,各部分之间有着紧密的联系。学习时必须循序渐进,深入领会和掌握它的基本概念、基本理论和基本方法,进而学会解释各种有关工程力学的物理现象,解决某些基本的工程设计与计算问题。教师必须注意培养学生学习的主动性,而且在教学过程中既要教会学生善于联系实际进行学习,又要重点放在对学生能力的培养上。

工程力学是人类在千百年漫长的劳动生产过程中,通过无数次的实践——理论——再实践的过程(即不断实践、不断总结的过程)建立起来的一个学科。这个学科的产生和发展,完全符合辩证唯物主义的认识论和方法论。学习这门课程,将有助于青年学生运用辩证唯物主义这一科学原理去认识世界和改造世界。

第一篇 静力学

静力学主要研究的是物体在力系作用下的平衡规律,具体解决以下几个问题:

1. 物体的受力分析 即研究物体受到哪些力的作用,弄清每个力的大小、方向、作用点(线)。

2. 力系的简化 将物体所受的复杂力系加以简化,即用一个简单的力或力系等效地替换原来复杂的力系。这个过程称为力系的简化,或称力系的合成。

3. 力系的平衡条件 作用于物体上的力系,必须满足一定的条件,物体才会处于平衡状态,这些条件称为平衡条件。

静力学是工程力学的基础部分。它所研究的内容,对于研究物体运动状态的变化和研究构件的受力与变形也都有着十分重要的意义。而且,各种机器零部件和工程结构的具体设计,也要直接应用静力学的知识。

第一章 静力学基础

本章将阐述静力学中的一些基本概念和静力学公理,还将介绍工程上常见的几种约束及其反力的确定,并在此基础上进行物体的受力分析。由于受力分析不仅是静力学和动力学中最关键、

最基本的内容,而且是设计工程结构和机器零部件的基础,因此对这部分的内容,初学者尤其要深刻领会,牢固掌握。

§ 1-1 静力学的基本概念

一、刚体的概念

刚体 刚体是指在受力情况下其几何形状和尺寸保持不变的物体,亦即刚体在受力后其中任意两点之间的距离保持不变。实际上,刚体在我们生活的自然界并不存在,一切物体在力的作用下都会产生程度不同的变形。只是有些物体的变形十分微小,不考虑这种变形,不但不会影响力对物体的作用效应,而且会使问题大为简化。这种略去次要因素,抓住主要矛盾的方法,便是科学的抽象。所以,刚体是一个经过简化后抽象出的力学模型,是一个相对的概念。例如图 4-18(a)的简支梁,当我们计算梁的支座反力时,即认为梁是绝对不变形体,梁的跨度在受力过程中没有变化。

理论力学中所说的物体,一般是指刚体。

物体系 由若干个相互有联系的物体组成的整体,称为物体系或物系。

二、力的概念

力的概念是人类在长期的生活和生产实践中通过观察和分析逐步形成的。当人们举起铁锤或推动小车时,由于手臂肌肉的紧张和收缩而感受到力的作用。这种作用不仅存在于人与物体之间,而且广泛地存在于物体与物体之间。例如机车在牵引车辆加速前进时,机车与车辆之间便有力的作用。实践证明,离开物体,力就不可能存在。人们正是从力的作用效应逐渐认清力的本质的。

1. 力的定义

力是物体之间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态和形状发生变化。前者是力对物体产生的外效应,属于理论力学研究的范畴;后者是力的内效应,属于材料力学研究的范畴。

2. 力的三要素

由实践可知,力对物体作用的效应,取决于力的大小、方向(包括方位及指向)和作用点。这三个因素称为力的三要素。在此三要素中,如果改变其中任何一个,就会改变力对物体的作用效应。例如沿水平地面推一木箱,如图 1-1 所示,当推力 F 较小时,木箱不动;当推力 F 增大到某一数值时,木箱就开始滑动。这说明力对物体的运动效应,与力的大小有关。如果将推力 F 的指向倒转过来变为拉力,则木箱将沿相反的方向滑动。如果将推力 F 的作用点由 A 点移至 B 点,则木箱不仅会向右滑动,而且可能倾倒。所以要确定一个力,必须说明它的大小、方向和作用点,缺一不可。

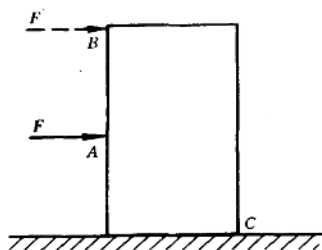


图 1-1

(1) 力的大小 力的大小表示物体间相互作用的强弱程度。在国际单位制(SI)中,力的单位为牛[顿]* (N)或千牛[顿](kN)。在过去的工程单位制中,力的单位用公斤力(kgf)或吨力(tf),以往曾写为公斤(kg)和吨(t)。牛顿和公斤力的换算关系是:

* [] 内的字,在不会引起混淆、误解的情况下,可以省略。