



21st CENTURY

实用规划教材 21世纪全国应用型本科

大机械系列 实用规划教材



工程力学 (上册)

主 编	毕勤胜	李纪刚
副主编	陈章耀	郑治国
	陈先忠	张世芳



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材

TB12

112

:1

2007

工程力学(上册)

主 编	毕勤胜	李纪刚
副主编	陈章耀	郑治国
	陈先忠	张世芳
参 编	张晓芳	倪秀英 李新领



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书分为上、下两册,上册含理论力学篇——静力学部分(静力学基本概念和物体的受力分析,平面汇交力系和平面力偶系,平面一般力系,空间力系,摩擦)、材料力学篇——第一部分(材料力学基本概念,轴向拉伸、压缩与剪切,平面图形的几何性质,扭转,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形,应力状态与强度理论,组合变形,压杆稳定),下册含理论力学篇——运动学和动力学(点的运动学,刚体的基本运动,点的合成运动,刚体的平面运动,质点动力学的基本方程,动量定理,动量矩定理,动能定理,达朗伯原理,单自由度系统的振动)、材料力学篇——第二部分(交变应力,应变电测原理,能量方法,超静定系统,动载荷)。

本书理论推导从简,突出工程应用,适当放低起点,注重贯彻简便、实用的原则。为了便于教学及帮助读者掌握重点、弄清难点,各章在开始有教学提示、教学要求,在结尾有小结,并附有适量的习题及其答案,便于自学。

本书可作为高等学校工科各专业的教科书,也可供其他专业选用和社会读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学.上册/毕勤胜,李纪刚主编. —北京:北京大学出版社,2007.2

(21世纪全国应用型本科大机械系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-11487-2

I. 工… II. ①毕… ②李… III. 工程力学—高等学校—教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 160637 号

书 名: 工程力学(上册)

著作责任者: 毕勤胜 李纪刚 主编

策 划 编 辑: 李昱涛

责 任 编 辑: 郭穗娟

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-11487-2/TH · 0067

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 世界知识印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20 印张 453 千字

2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 29.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

《21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材》

专家编审委员会

名 誉 主 任 胡正寰*

主 任 委 员 殷国富

副主任委员 (按拼音排序)

戴冠军 江征风 李郝林 梅 宁 任乃飞

王述洋 杨化仁 张成忠 张新义

顾 问 (按拼音排序)

傅水根 姜继海 孔祥东 陆国栋

陆启建 孙建东 张 金 赵松年

委 员 (按拼音排序)

方 新 郭秀云 韩健海 洪 波

侯书林 胡如风 胡亚民 胡志勇

华 林 姜军生 李自光 刘仲国

柳舟通 毛 磊 孟宪颐 任建平

陶健民 田 勇 王亮申 王守城

魏 建 魏修亭 杨振中 袁根福

曾 忠 张伟强 郑竹林 周晓福

*胡正寰: 北京科技大学教授, 中国工程院机械与运载工程学部院士

丛书总序

殷国富*

机械是人类生产和生活的基本工具要素之一,是人类物质文明最重要的一个组成部分。机械工业担负着向国民经济各部门,包括工业、农业和社会生活各个方面提供各种性能先进、使用安全可靠的技术装备的任务,在国家现代化建设中占有举足轻重的地位。20 世纪 80 年代以来,以微电子、信息、新材料、系统科学等为代表的新一代科学技术的发展及其在机械工程领域中的广泛渗透、应用和衍生,极大地拓展了机械产品设计制造活动的深度和广度,改变了现代制造业的产品设计方法、产品结构、生产方式、生产工艺和设备以及生产组织模式,产生了一大批新的机械产品设计制造方法和制造系统。这些机械方面的新方法和系统的主要技术特征表现在以下几个方面:

(1) 信息技术在机械行业的广泛渗透和应用,使得现代机电产品已不再是单纯的机械构件,而是由机械、电子、信息、计算机与自动控制等集成的机电一体化产品,其功能不仅限于加强、延伸或取代人的体力劳动,而且扩大到加强、延伸或取代人的某些感官功能与大脑功能。

(2) 随着设计手段的计算机化和数字化, CAD/CAM/CAE/PDM 集成技术和软件系统得到广泛使用,促进了产品创新设计、并行设计、快速设计、虚拟设计、智能设计、反求设计、广义优化设计、绿色产品设计、面向全寿命周期设计等现代设计理论和技术方法的不断发展。机械产品的设计不只是单纯追求某项性能指标的先进和高低,而是注重综合考虑质量、市场、价格、安全、美学、资源、环境等方面的影响。

(3) 传统机械制造技术在不断吸收电子、信息、材料、能源和现代管理等方面成果的基础上形成了先进制造技术,并将其综合应用于机械产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务的机械产品制造全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产,提高对动态多变的市场的适应能力和竞争能力。

(4) 机械产品加工制造的精密化、快速化,制造过程的网络化、全球化得到很大的发展,涌现出 CIMS、并行工程、敏捷制造、绿色制造、网络制造、虚拟制造、智能制造、大规模定制等先进生产模式,制造装备和制造系统的柔性可与重组已成为 21 世纪制造技术的显著特征。

(5) 机械工程的理论基础不再局限于力学,制造过程的基础也不只是设计与制造经验及技艺的总结。今天的机械工程学科比以往任何时候都更紧密地依赖诸如现代数学、材料科学、微电子技术、计算机信息科学、生命科学、系统论与控制论等多门学科及其最新成就。

上述机械科学与工程特征和发展趋势表明,现代机械工程学科越来越多地体现着知识经济的特征。因此,加快培养适应我国国民经济建设所需要的高综合素质机械工程学科人才的意义十分重大、任务十分繁重。我们必须通过各种层次和形式的教育,培养出适应世界机械工业发展潮流与我国机械制造业实际需要的技术人才与管理人才,不断推动我国机械科学与工程技术的进步。

为使机械工程学科毕业生的知识结构由较专、较深、适应性差向较通用、较广泛、适

*殷国富教授:现为教育部机械学科教学指导委员会委员,现任四川大学制造科学与工程学院院长

应性强方向转化,在教育部的领导与组织下,1998 年对本科专业目录进行了第 3 次大的修订。调整后的机械类专业变成 4 类 8 个专业,它们是:机械类 4 个专业(机械设计制造及其自动化、材料成型及控制工程、过程装备与控制、工业设计);仪器仪表类 1 个专业(测控技术与仪器);能源动力类 2 个专业(热能与动力工程、核工程与核技术);工程力学类 1 个专业(工程力学)。此外还提出了面向更宽的引导性专业,即机械工程及自动化。因此,建立现代“大机械、全过程、多学科”的观点,探讨机械科学与工程技术学科专业创新人才的培养模式,是高校从事制造学科教学的教育工作者的责任;建立培养富有创新能力人才的教学体系和教材资源环境,是我们努力的目标。

要达到这一目标,进行适应现代机械学科发展要求的教材建设是十分重要的基础工作之一。因此,组织编写出版面向大机械学科的一系列教材就显得很有意义和十分必要。北京大学出版社和中国林业出版社的领导和编辑们通过对国内大学机械工程学科教材实际情况的调研,在与众多专家学者讨论的基础上,决定面向机械工程学科类专业的学生出版一套系列教材,这是促进高校教学改革发展的重大决策。按照教材编审委员会的规划,本系列教材将逐步出版。

本系列教材是按照高等学校机械学科本科专业规范、培养方案和课程教学大纲的要求,合理定位,由长期在教学第一线从事教学工作的教师立足于 21 世纪机械工程学科发展的需要,以科学性、先进性、系统性和实用性为目标进行编写,以适应不同类型、不同层次的学校结合学校实际情况的需要。本系列教材编写的特色体现在以下几个方面:

(1) 关注全球机械科学与工程技术学科发展的大背景,建立现代大机械工程学科的新理念,拓宽理论基础和专业知识,特别是突出创造能力和创新意识。

(2) 重视强基础与宽专业知识面的要求。在保持较宽学科专业知识的前提下,在强化产品设计、制造、管理、市场、环境等基础理论方面,突出重点,进一步密切学科内各专业知识面之间的综合内在联系,尽快建立起系统性的知识体系结构。

(3) 学科交叉与综合的观念。现代力学、信息科学、生命科学、材料科学、系统科学等新兴学科与机械学科结合的内容在系列教材编写中得到一定的体现。

(4) 注重能力的培养,力求做到不断强化自我的自学能力、思维能力、创造性地解决问题的能力以及不断自我更新知识的能力,促进学生向着富有鲜明个性的方向发展。

总之,本系列教材注意了调整课程结构,加强学科基础,反映系列教材各门课程之间的联系和衔接,内容合理分配,既相互联系又避免不必要的重复,努力拓宽知识面,在培养学生的创新能力方面进行了初步的探索。当然,本系列教材还需要在内容的精选、音像电子课件、网络多媒体教学等方面进一步加强,使之能满足普通高等院校本科教学的需要,在众多的机械类教材中形成自己的特色。

最后,我要感谢参加本系列教材编著和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动,也要感谢北京大学出版社和中国林业出版社的领导和编辑们对本系列教材的支持和编审工作。由于编写的时间紧、相互协调难度大等原因,本系列教材还存在一些不足和错漏。我相信,在使用本系列教材的教师和学生的关心和帮助下,不断改进和完善这套教材,使之在我国机械工程类学科专业的教学改革和课程体系建设中起到应有的促进作用。

前 言

本书根据工程力学课程教学基本要求和工程类各专业技术应用型人才培养目标组织编写的。为了使本书有较强的通用性,能覆盖比较多的专业,本书分为上、下两册。上册含理论力学篇——静力学部分(静力学基本概念和物体的受力分析,平面汇交力系和平面力偶系,平面一般力系,空间力系,摩擦)、材料力学篇——第一部分(材料力学基本概念,轴向拉伸、压缩与剪切,平面图形的几何性质,扭转,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形,应力状态与强度理论,组合变形,压杆稳定),下册含理论力学篇——运动学和动力学(点的运动学,刚体的基本运动,点的合成运动,刚体的平面运动,质点动力学的基本方程,动量定理,动量矩定理,动能定理,达朗伯原理,单自由度系统的振动)、材料力学篇——第二部分(交变应力,应变电测原理,能量方法,超静定系统,动载荷)。

本书适用于高校机械、化工、轻工、纺织、交通、冶金、地质等专业,对机械类专业的本、专科 80~100 学时的工程力学可选用上、下两册;对非机械类专业的本、专科 40~60 学时的工程力学可选用上册。下册除基本内容外,还增添了一些带“*”的选修内容,以备不同专业选学。

本书广泛吸收了有关院校近期工程力学教学改革成果,围绕培养应用型人才的目标,本着以需要够用为度、理论推导从简、突出工程实用的原则,结合当前工程力学教学的实际情况,适当放低起点,尽力使文字叙述简明,内容精练,注重贯彻理论联系实际和简便、实用的原则。

为了便于教学及帮助读者掌握重点、弄清难点,在各章开始均有教学提示、教学要求,各章结束时均有小结和思考题,并有适量的习题。书后附有部分答案。

参加本书编写工作的教师如下:

上册:李新领(第 1~3 章);张晓芳(第 4、5 章);陈章耀(第 6 章);倪秀英(第 7、8 章);郑治国(第 9、13、14 章);陈先忠(第 10~12 章);张世芳(第 15 章)。

下册:张晓芳(第 1 章);李纪刚(第 2~4 章);梁忠雨(第 5~7 章);蔺金太(第 8、9 章);毕勤胜(第 10、12 章);张世芳(第 11、15 章);陈章耀(第 13、14 章)。

本书由江苏大学毕勤胜、河北农业大学李纪刚担任主编,由毕勤胜、李纪刚负责定稿,陈章耀、郑治国、陈先忠、张世芳任副主编,参编人员为张晓芳、倪秀英、蔺金太、梁忠雨、李新领。

本书承蒙江苏大学彭玉莺教授(审阅理论力学部分)、苏虹教授(审阅材料力学部分)审阅并对书稿提出了许多宝贵意见和建议,在此一并表示感谢。

因编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请同行专家和读者批评指正。

编 者
2006 年 8 月

目 录

绪论.....	1	2.5.1 平面力偶系的合成条件	28
理论力学篇——静力学部分	3	2.5.2 平面力偶系的平衡条件	29
第 1 章 静力学基本概念和物体的 受力分析.....	5	小结	30
1.1 静力学基本概念	5	思考题	31
1.1.1 刚体的概念.....	5	习题	32
1.1.2 力的概念.....	5	第 3 章 平面一般力系	36
1.2 静力学公理	6	3.1 力线平移定理	36
1.3 约束和约束反力	9	3.2 平面一般力系向平面内一点的 简化·主矢和主矩	37
1.3.1 基本概念.....	9	3.3 平面一般力系的简化结果分析	38
1.3.2 约束类型.....	9	3.4 平面一般力系的平衡条件和平衡 方程.....	40
1.4 物体的受力分析与受力图	11	3.5 平面平行力系的平衡方程	42
小结	14	3.6 静定和静不定问题、物体系统 的平衡问题.....	43
思考题	15	3.6.1 静定与静不定问题的概念	43
习题	16	3.6.2 物体系统的平衡问题	44
第 2 章 平面汇交力系和平面力偶系	19	3.7 平面简单桁架的内力计算	47
2.1 平面汇交力系合成与平衡的几何法 ...	19	3.7.1 节点法	48
2.1.1 平面汇交力系合成的几何法....	19	3.7.2 截面法	49
2.1.2 平面汇交力系平衡的几何 条件.....	20	小结	50
2.2 平面汇交力系合成和平衡的解析法 ...	22	思考题	50
2.2.1 力在坐标轴上的投影.....	22	习题	52
2.2.2 合力投影定理.....	22	第 4 章 空间力系.....	58
2.2.3 平面汇交力系的平衡方程.....	23	4.1 空间汇交力系	58
2.3 力矩和合力矩定理	25	4.1.1 力在直角坐标上的投影	58
2.3.1 力对点之矩.....	25	4.1.2 空间汇交力系的合成和平衡 ...	60
2.3.2 合力矩定理.....	26	4.2 力对轴之矩和力对点之矩	61
2.4 力偶和力偶矩	26	4.2.1 力对轴之矩	61
2.4.1 力偶.....	27	4.2.2 力对点之矩	63
2.4.2 力偶矩.....	27	4.2.3 力对点之矩与力对通过该点 的轴之矩之间的关系	64
2.4.3 力偶等效定理.....	27		
2.5 平面力偶系的合成和平衡的条件	28		

4.3 空间力偶系	65	7.2 拉(压)杆件的内力	113
4.3.1 力偶矩矢	65	7.2.1 轴力	113
4.3.2 空间力偶系的合成和平衡	66	7.2.2 轴力的计算	115
4.4 空间任意力系向一点简化·主矢 和主矩	67	7.2.3 轴力图	115
4.5 空间任意力系的简化结果分析	68	7.3 拉(压)杆的应力	117
4.6 空间任意力系的平衡方程	69	7.3.1 横截面上的应力	117
4.7 重心	73	7.3.2 斜截面上的应力	119
4.7.1 重心概念及其坐标公式	73	7.3.3 圣维南原理	121
4.7.2 确定物体重心位置的方法	75	7.3.4 应力集中	121
小结	80	7.4 材料在拉伸与压缩时的力学性能	122
思考题	82	7.4.1 材料在拉伸时的力学性能	122
习题	83	7.4.2 材料在压缩时的力学性能	127
第5章 摩擦	87	7.4.3 温度对材料力学性能的影响	128
5.1 滑动摩擦	87	7.5 许用应力与强度计算	129
5.1.1 静滑动摩擦力	87	7.5.1 许用应力	129
5.1.2 最大静滑动摩擦力	88	7.5.2 强度计算	130
5.1.3 动滑动摩擦力	89	7.6 拉(压)杆的变形与位移	133
5.2 摩擦角与摩擦自锁	89	7.6.1 轴向变形与胡克定律	133
5.2.1 摩擦角	89	7.6.2 横向变形与泊松比	135
5.2.2 摩擦自锁	90	7.6.3 位移	137
5.3 滑动摩擦的平衡问题	92	7.7 简单拉压静不定问题	138
5.4 滚动摩擦	95	7.8 剪切和挤压的实用计算	142
小结	98	7.8.1 剪切的实用计算	143
思考题	99	7.8.2 挤压的实用计算	144
习题	99	小结	145
材料力学篇——第一部分	103	思考题	147
第6章 材料力学基本概念	105	习题	148
6.1 材料力学的任务	105	第8章 平面图形的几何性质	156
6.2 变形固体及其基本假设	106	8.1 静矩和形心	156
6.3 内力、截面法和应力的概念	106	8.1.1 静矩	156
6.4 变形与应变	108	8.1.2 形心	157
6.5 杆件变形的基本形式	110	8.1.3 组合图形的形心	157
小结	111	8.2 惯性矩、极惯性矩和惯性积	158
思考题	112	8.2.1 惯性矩和极惯性矩	158
第7章 轴向拉伸、压缩与剪切	113	8.2.2 惯性积	159
7.1 轴向拉伸与压缩的概念和实例	113	8.2.3 主惯性轴和主惯性矩、形心 主惯性轴和形心主惯性矩	160

8.3 平行移轴公式	161	思考题	199
小结	162	习题	199
思考题	164		
习题	164		
第 9 章 扭转	167	第 11 章 弯曲应力	203
9.1 扭转的概念和实例	167	11.1 概述	203
9.2 扭矩及扭矩图	167	11.2 梁弯曲时的正应力	203
9.2.1 外力偶矩的计算	167	11.2.1 纯弯曲时梁横截面上的 正应力	203
9.2.2 扭矩	168	11.2.2 细长杆件横力弯曲时梁横 截面上的正应力	206
9.3 纯剪切	169	11.3 梁弯曲时的切应力	208
9.3.1 纯剪切的概述	170	11.3.1 矩形截面梁横截面上的切 应力	208
9.3.2 切应力互等定理	170	11.3.2 其他形状截面梁横截面上 的切应力	210
9.3.3 剪切胡克定律	170	11.4 横力弯曲时梁的强度条件	213
9.4 圆轴扭转时的应力和强度条件	171	11.5 提高梁抗弯强度的措施	216
9.5 圆轴扭转时的变形和刚度条件	176	小结	219
9.6 圆柱形密封圈螺旋弹簧的应力和 变形	177	思考题	219
9.6.1 圆柱形密封圈螺旋弹簧丝横 截面上的应力	177	习题	220
9.6.2 圆柱形密封圈螺旋弹簧的变形	178	第 12 章 弯曲变形	224
9.7 非圆截面杆扭转的概念	179	12.1 概述	224
9.7.1 限制扭转和自由扭转	179	12.1.1 工程中的弯曲变形问题	224
9.7.2 矩形截面轴的扭转切应力	180	12.1.2 梁的挠曲线	224
小结	180	12.2 梁的挠曲线微分方程	225
思考题	181	12.3 用积分法求弯曲变形	226
习题	182	12.4 用叠加法求弯曲变形	228
第 10 章 弯曲内力	186	12.5 梁的刚度条件及提高梁的抗 弯刚度的措施	232
10.1 概述	186	12.6 简单静不定梁	233
10.1.1 弯曲的概念	186	小结	234
10.1.2 梁的类型	186	思考题	235
10.2 剪切力和弯矩	187	习题	236
10.3 剪切力图和弯矩图	190	第 13 章 应力状态与强度理论	239
10.3.1 剪切力方程和弯矩方程	190	13.1 应力状态概念及其表示方法	239
10.3.2 剪切力图和弯矩图	190	13.2 平面 S 应力状态应力分析—— 解析法	240
10.4 剪切力、弯矩与载荷集度之间的 微分关系	194	13.2.1 平面一般应力状态	240
小结	198		

13.2.2 平面一般应力状态斜截面上应力.....	241	14.4 扭转与弯曲的组合	264
13.3 平面一般应力状态分析——应力圆法	242	小结	267
13.3.1 应力圆	242	思考题	268
13.3.2 应力圆的作图方法	242	习题	268
13.4 极值应力与主应力	244	第 15 章 压杆稳定	274
13.4.1 平面应力状态的极值应力	244	15.1 压杆稳定的概念	274
13.4.2 主应力	245	15.2 细长压杆的临界载荷的计算及欧拉公式	275
13.5 空间应力状态的主应力与最大切应力	246	15.2.1 两端铰支细长压杆的临界载荷的计算	275
13.5.1 空间应力状态主应力	246	15.2.2 其他约束条件下细长压杆的临界力·欧拉公式	276
13.5.2 空间应力状态的最大切应力	246	15.3 欧拉公式的适用范围·经验公式 ...	277
13.6 广义胡克定律	247	15.3.1 临界应力与柔度	277
13.7 强度理论	248	15.3.2 欧拉公式的适用范围	277
13.7.1 强度理论概述	248	15.3.3 临界应力的经验公式与临界应力总图	278
13.7.2 关于脆性断裂的强度理论	249	15.4 压杆稳定性的校核	280
13.7.3 关于塑性屈服的强度理论	250	15.5 提高压杆稳定性的措施	282
13.7.4 强度理论的选用原则	251	15.5.1 减小压杆长度	282
小结	252	15.5.2 选择合理的约束条件	282
思考题	254	15.5.3 选择合理的截面形状	282
习题	254	15.5.4 选择合理的材料	283
第 14 章 组合变形	259	小结	283
14.1 概述	259	思考题	284
14.2 轴向拉伸或压缩与弯曲的组合	260	习题	284
14.3 偏心压缩和截面核心	262	附录 I 型钢规格表	287
		附录 II 习题答案	297
		参考文献	306

绪 论

1. 工程力学的研究对象和内容

工程力学是一门研究物体机械运动一般规律及有关构件强度、刚度和稳定性等理论的科学，它包括理论力学和材料力学两门学科的有关内容。

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。所谓机械运动就是物体在空间的位置随时间的变化规律。它是人们在日常生活和生产实践中最常见的一种运动形式，如各种机器的运转及车辆、船只的行驶等。理论力学的内容包括以下三个部分：静力学——研究物体平衡的一般规律，包括物体的受力分析、力系的简化方法、力系的平衡条件。运动学——从几何学角度来研究物体的运动(如轨迹、速度和加速度等)，而不研究引起物体运动的物理原因。动力学——研究受力物体的运动与作用力之间的关系。

工程上的各种机械、设备、结构都是由构件组成的。工作时它们都要受到载荷的作用，为使其正常工作，不发生破坏，也不产生过大变形，同时又能保持原有的平衡状态而不丧失稳定，就要求构件具有足够的强度、刚度和稳定性。材料力学就是研究构件的强度、刚度和稳定性等一般计算原理的科学。

2. 工程力学的研究方法

观察和实验是认识力学规律的重要实践环节。在观察和实践中，抓住主要因素，忽略次要因素，有助于理解问题的本质。同时，在抽象化过程中，将研究对象转化为力学模型，通过数学演绎和逻辑推理，得出工程上需要的数学表达式——力学公式。例如，在研究物体的运动和平衡规律时，将物体抽象为刚体；在运动学和动力学中，将物体抽象为点、质点；在材料力学中，用变形固体来代替真实的物体等。根据人们长期的生活、生产实践经验和实验观察结果，应用抽象化的方法，通过分析、归纳、综合得到一些最普遍的力学公理和定律，然后再应用数学演绎和逻辑推理得到力学普遍定理和工程上的力学公式。工程力学正是沿着这条途径建立起来的。实际计算表明，按此建立的力学定理和公式能满足工程计算对精度的要求。

3. 工程力学在专业学习中的地位和作用

工程力学是机械、机电、化工、轻工、纺织、冶金和地质等类专业的技术基础课。它所讲述的力学基础理论和基本知识，以及处理工程力学问题的基本方法，在专业课和基础课之间起到桥梁的作用，为机械设计基础等后续课程的学习提供了必要的理论基础。

学习工程力学，要深刻理解其基本概念和基本定律，熟练掌握定理和公式，并通过演算一定数量的习题，把所学到的理论知识应用于工程实际中，以进一步巩固和加深理解所学的知识并培养学生解决工程实际问题的能力。

理论力学篇——静力学部分

第1章 静力学基本概念和 物体的受力分析

教学提示：物体的受力分析是静力学的核心内容。本章介绍了静力学的基本概念、公理，是研究静力学的基础，引入了约束和约束反力的概念，介绍了几种常见的基本的约束及对物体受力分析与画受力图的方法步骤。

教学要求：本章要求学生熟练掌握基本概念和静力学公理(包括推论)，掌握常见的约束的性质及其约束反力，能够进行物体的受力分析以及作受力图。

1.1 静力学基本概念

1.1.1 刚体的概念

静力学的研究对象是刚体。所谓刚体是指在任何情况下都不发生变形的物体。显然，这只是一个理想化的力学模型。实际上任何物体受力后或多或少都要发生变形，但工程中许多物体变形都非常微小。这些微小的变形对研究物体的平衡问题不起主导作用，可以忽略不计，因而可以把实际物体看作刚体，这样可以使问题研究大为简化。这种处理问题的方法是科学研究中重要的抽象化方法。例如研究飞机的平衡或飞行规律时，可以把飞机看作刚体。但是研究飞机的振动问题时，机翼等的变形虽然微小，就不能把飞机看成刚体了，而把它看成是变形体，这是材料力学的研究内容。

静力学中研究的物体只限于刚体，因此静力学又称为刚体静力学。

1.1.2 力的概念

力是物体之间相互的机械作用。这种作用使物体的机械运动状态发生变化或使物体发生变形。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。静力学中主要讨论力的外效应。

应当指出，既然力是物体之间相互的机械作用，力就不能脱离物体而单独存在。在分析物体受力时，必须搞清哪个是施力体，哪个是受力体。

实践证明，力对物体的作用效应取决于以下三个要素：

(1) 力的大小。指物体间相互作用的强弱程度。国际单位制(SI)中，力的单位为牛[顿](N)或千牛[顿](kN)。

(2) 力的方向。通常包含力的方位和指向两个含义。例如重力的方向是“铅垂向下”，“铅垂”是指力的方位；“向下”是说力的指向。

(3) 力的作用点。力的作用点是指力在物体上作用的位置。

一般说来,力的作用位置并不在一个点上,而是分布在物体的某一部分面积或体积上。例如,蒸汽压力作用于整个容器壁,这就形成了面积分布力;重力作用于物体的每一点,又形成了体积分布力。但是在很多情况下,可以把分布在物体上某一部分的面积或体积上的力简化为作用在一个点上。例如,手推车时,力是分布在与手相接触的面积上,但当接触面积很小时,可把它看作集中作用于一点;又如重力分布在物体的整个体积上,在研究物体的外效应时,也可将它看作集中作用于物体的重心。这种集中作用于一点的力,称为集中力。这个点称为力的作用点。

力的三要素表明力是一矢量。它可用一有向线段来表示,如图 1.1 所示。线段的长度按一定比例尺表示力的大小;线段的方位角和箭头的指向表示力的方向;线段的起点或终点表示力的作用点。通过力的作用点,沿力的方向画出的直线,称为力的作用线。本书中用黑斜体字母表示矢量,如力 $\boldsymbol{F}$ 表示力矢量;而用普通字母 F 表示这个矢量的大小。

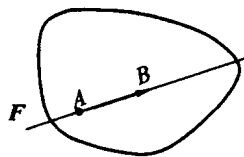


图 1.1

1.2 静力学公理

研究力系的简化和平衡条件必须以力的基本性质为依据。人们通过长期的观察实验,在大量客观事实的基础上,对力的一些基本性质进行了概括和总结,得出了静力学公理。这些公理是静力学的基本规律,是力系的简化和平衡理论的依据。

1. 公理一——二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体处于平衡状态的必要和充分条件是:这两个力大小相等,方向相反,并作用在同一直线上(简称等值、反向、共线),如图 1.2 所示。

此公理揭示了作用于刚体上最简单的力系平衡时所必须满足的条件。它是推证各种力系平衡条件的基础。

必须指出,这里所说的是刚体的平衡。如果是变形体,上述平衡条件并非是充分条件。例如,软绳的两端受到两个等值、反向、共线的拉力作用时可以平衡,如改为受两个等值、反向、共线的压力作用就会发生蜷曲而不能平衡。

只在两个力作用下处于平衡的构件,称为二力构件(简称二力杆)。因此二力构件所受的两个力必然沿两个作用点的连线,并且等值、反向,如图 1.3 所示。

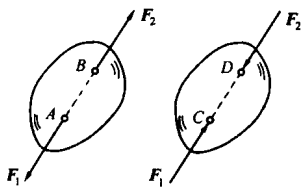


图 1.2

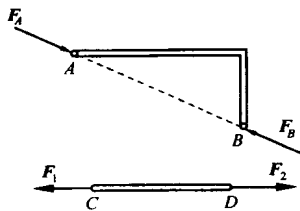


图 1.3