

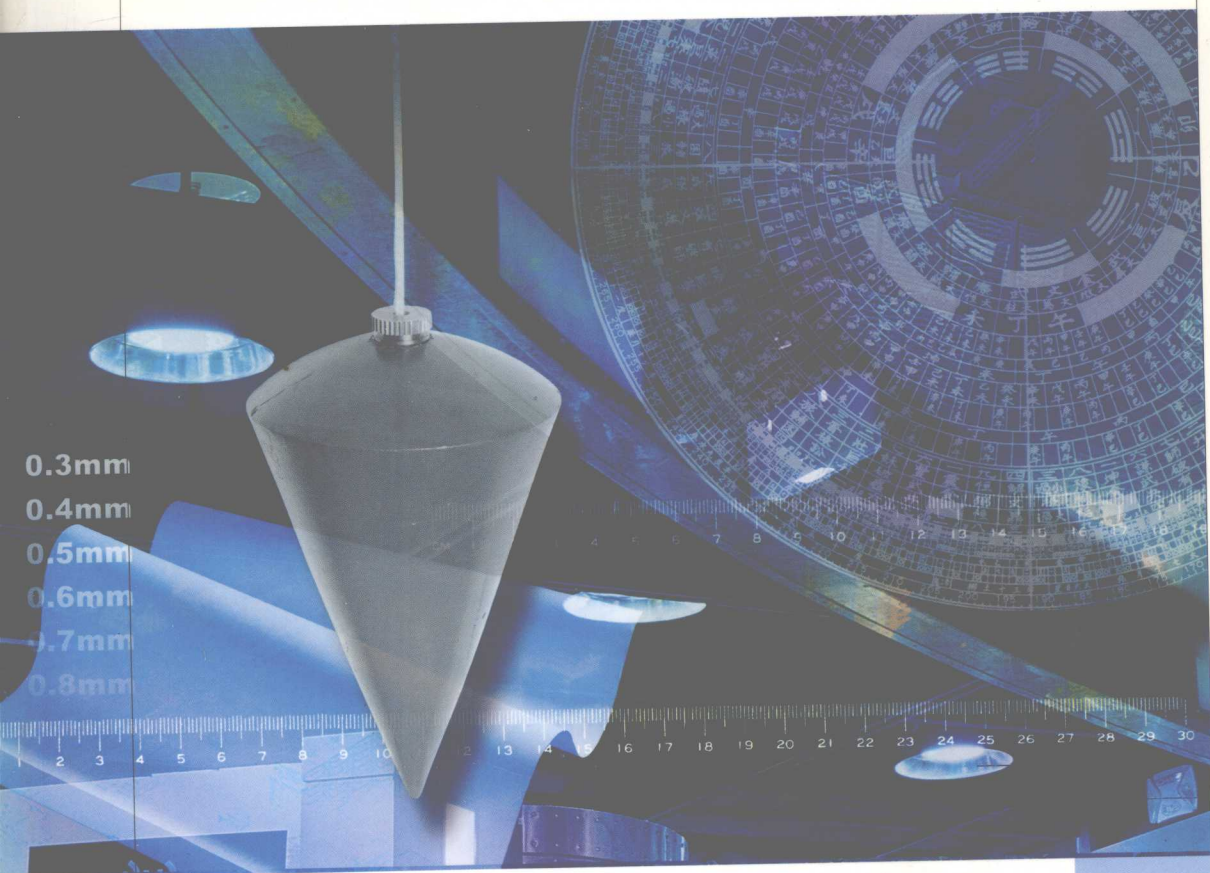


高等职业教育人才培养创新教材出版工程

高职高专基础课教材系列

工程力学

■ 主编 杨虹



科学出版社
www.sciencep.com

TB12
343

● 高等职业教育人才培养创新教材出版工程

高职高专基础课教材系列

工 程 力 学

主 编 杨 虹
副主编 华玉洁 龚厚仙 龙素丽
主 审 韩洪涛 邢鸿久

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书主要包括:静力学的基本概念及分析方法,平面力系,空间力系,轴向拉伸与压缩,剪切与挤压的实用计算,圆轴扭转,平面弯曲内力,平面弯曲梁的强度与刚度计算,应力状态与强度理论,组合变形时杆件的强度计算,压杆稳定,疲劳强度的概念以及质点运动力学,刚体运动力学,点的合成运动,刚体的平面运动,动能定理法。每章后均有小结、思考题、习题,以适应高职高专生源多样化的教学要求。

本书可作为高等职业技术教育机械类、近机械类各专业 70~100 学时力学课程的教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/杨虹 主编. —北京:科学出版社,2005.2

(高等职业教育人才培养创新教材出版工程·高职高专基础课教材系列)

ISBN 7-03-014480-5

I. 工… II. 杨… 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(2004)第 116082 号

责任编辑:沈力匀/责任校对:张怡君

责任印制:安春生/封面设计:王壮波

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

*

2005 年 2 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2005 年 2 月第一次印刷 印张: 20 3/4

印数: 1—4 000 字数: 390 000

定价: 30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《高等职业教育人才培养创新教材》

出版工程说明

一、特色与创新

随着高等教育改革的进一步深化,我国高等职业教育事业迅速发展,办学规模不断扩大,办学思路日益明确,办学形式日趋多样化,取得了显著的办学效益和社会效益。

毋庸置疑,目前已经出版的一批高等职业教育教材在主导教学方向、稳定教学秩序、提高教学质量方面起到了很好的作用。但是,有关专家也诚恳地指出,目前高等职业教育教材出版中还存在问题,主要是:教材建设仍然是以学校的选择为依据、以方便教师授课为标准、以理论知识为主体、以单一纸质材料为教学内容的承载方式,没有从根本上体现以应用性职业岗位需求为中心,以素质教育、创新教育为基础,以学生能力培养为本位的教育观念。

经过细致的调研,科学出版社和中国高等职业技术教育研究会共同启动了“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”。在教材出版过程中,力求突出以下特色:

(1)理念创新:秉承“教学改革与学科创新引路,科技进步与教材创新同步”的理念,根据新时代对高等职业教育人才的需求,策划出版一系列体现教学改革最新理念、内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

(2)方法创新:摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法,专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位(群)所需的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上,引进国外先进的课程开发方法,以确保符合职业教育的特色。

(3)特色创新:加大实训教材的开发力度,填补空白,突出热点,积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材,提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持,方便教师教学与学生学习。对于部分专业,组织编写“双证教材”,注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

(4)内容创新:在教材的编写过程中,力求反映知识更新和科技发展的最新动态。将新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中来,更能体现高职教育专业设置紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

二、精品与奉献

“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”的启动,得到了教育部高等教育司高职高专处领导的认可,吸引了一批职业教育和高等教育领域的权威专家积极参与,共同打造精品教材。其实施的过程可以总结为:教育部门支持、权威专家指导、一流学校参与、学术研究推动。

国内的高等职业教育院校特别是北京联合大学、天津职业大学以及中国高等职业技术教育研究会的其他副会长、常务理事、理事单位等积极参加本教材出版工程,提供了先进的教学经验,在此基础上出版一大批特色教材。

在教材的编写过程中,得到了相关行业部委、行业协会的支持,对教材的推广起到促进作用。

先进的理念、科学的方法、有力的支持,必然导致精品的诞生。“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”主要包括高职高专层次的基础课、公共课教材;各类紧缺专业、热门专业教材;实训教材、引进教材等特色教材;还包含部分应用型本科层次的教材。根据我们的规划,下列教材即将与读者见面:

(一) 高职高专基础课、公共课教材

(1) 基础课教材系列

(2) 公共选修课教材系列

(二) 高职高专专业课教材

(1) 紧缺专业教材

—— 软件类专业系列教材

—— 数控技术类专业教材

—— 汽车类专业教材

.....

(2) 热门专业教材

—— 电子信息类专业教材

—— 交通运输类专业教材

—— 财经类专业教材

—— 旅游类专业教材

—— 生物技术类专业教材

—— 食品类专业教材

—— 精细化工类专业教材

—— 广告类专业教材

—— 艺术设计类专业教材

.....

(三) 高职高专特色教材

——高职高专院校实训教材

——国外职业教育优秀教材

.....

(四) 应用型本科教材系列

欢迎广大教师、学生在使用中提出宝贵意见,以便我们改进教材出版工作、提高质量。

中国高等职业技术教育研究会

科 学 出 版 社

前 言

本教材是根据教育部最新制定的《高职高专教育机械类专业力学课程教学基本要求》编写的。针对高等职业技术教育的特点,力求内容简明易懂,注重内容的系统性和概念的完整性,强调应用,突出技能的培养。基础理论以应用为目的,以必需、够用为度,充分汲取高等职业技术教育各类院校近年来的教学改革经验,力求体现高等职业技术教育培养技术应用型专门人才的特色;在理论阐述上注重基本的力学概念,简化理论推导,强化应用,加强与工程实际的联系。

参加本教材编写工作的有:安徽理工大学职业技术学院华玉洁(第1、2章),开封大学李晋山(第3、12、15章),滁州职业技术学院龚厚仙(第4~6章),山东威海职业学院龙素丽(第7、8、18章),开封大学杨虹(第9~11、13章、附录I),黄河水利职业技术学院荆旭春(第14、16、17章、附录II)。本书由杨虹任主编,华玉洁、龚厚仙、龙素丽任副主编。

本教材承开封大学教授韩洪涛、邢鸿久主审,提出了许多宝贵的意见,谨此,编者诚挚致谢。

因编者水平有限,书中的错误与缺憾恳望读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 静 力 学

第 1 章 静力学的基本概念及分析方法	5
1.1 力的基本概念	5
1.2 力对点之矩	9
1.3 力偶	10
1.4 约束与约束力	11
1.5 受力图与受力分析	18
第 2 章 平面力系	28
2.1 平面任意力系的简化	29
2.2 平面力系的平衡方程及其应用	34
2.3 静定与超静定问题 物系的平衡	38
2.4 考虑摩擦时的平衡问题	44
第 3 章 空间力系	58
3.1 力在空间直角坐标轴上的投影	59
3.2 空间汇交力系的合成与平衡	62
3.3 力对轴之矩	63
3.4 空间任意力系的平衡方程	65
3.5 重心 形心	69

第二篇 材 料 力 学

第 4 章 轴向拉伸与压缩	83
4.1 轴向拉伸与压缩的概念和实例	83
4.2 轴向拉压杆的内力	84
4.3 轴向拉压杆的应力	88
4.4 轴向拉压杆的变形 胡克定理	91

4.5 材料在轴向拉压时的力学性能	94
4.6 轴向拉压杆的强度计算	98
4.7 拉压超静定问题	101
第5章 剪切与挤压的实用计算	109
5.1 剪切与挤压的概念和实例	109
5.2 剪切与挤压的实用计算	110
第6章 圆轴扭转	117
6.1 圆轴扭转的概念和实例	117
6.2 扭矩与扭矩图	117
6.3 圆轴扭转时的应力与强度计算	120
6.4 圆轴扭转时的变形与刚度计算	126
第7章 平面弯曲内力	133
7.1 平面弯曲的概念和实例	133
7.2 剪力与弯矩	135
7.3 剪力图与弯矩图	138
7.4 剪力、弯矩与载荷集度之间的关系	143
第8章 平面弯曲梁的强度和刚度计算	148
8.1 纯弯曲梁的正应力	148
8.2 惯性矩 平行移轴公式	151
8.3 弯曲正应力的强度计算	153
8.4 弯曲剪应力简介	156
8.5 弯曲变形与刚度计算	158
8.6 提高梁强度和刚度的措施	164
第9章 应力状态与强度理论	171
9.1 应力状态的概念	171
9.2 应力状态分析简介	173
9.3 强度理论	179
第10章 组合变形时杆件的强度计算	188
10.1 组合变形的概念和实例	188
10.2 弯曲与拉伸(压缩)组合变形的强度计算	189
10.3 弯曲与扭转组合变形的强度计算	192
第11章 压杆稳定	200
11.1 压杆稳定的概念	200
11.2 细长压杆的临界力	201
11.3 柔度的概念 三类不同压杆	203

11.4 压杆的稳定校核	206
11.5 提高压杆稳定性的措施	208
第 12 章 疲劳强度的概念	211
12.1 交变应力与疲劳失效	211
12.2 疲劳极限	213
12.3 提高构件疲劳强度的措施	216

第三篇 运动力学

第 13 章 质点运动力学	221
13.1 用矢量法表示点的位置、速度和加速度	221
13.2 用直角坐标法表示点的速度和加速度	222
13.3 用自然坐标法表示点的速度和加速度	224
13.4 质点动力学基本方程	229
第 14 章 刚体运动力学	234
14.1 刚体的平移	234
14.2 质心运动定理	235
14.3 刚体的定轴转动	237
14.4 刚体定轴转动微分方程	240
第 15 章 点的合成运动	249
15.1 点的合成运动概念	249
15.2 点的速度合成定理	250
15.3 点的加速度合成定理	253
第 16 章 刚体的平面运动	259
16.1 刚体平面运动的基本概念	259
16.2 平面运动刚体各点的速度分析	261
第 17 章 动能定理	273
17.1 功和功率	273
17.2 质点和刚体的动能	277
17.3 动能定理	280
第 18 章 动静法	286
18.1 惯性力的概念	286
18.2 质点的达朗伯原理	287
18.3 质点系的达朗伯原理	289
18.4 刚体惯性力系的简化	290

参考文献.....	297
附录 I 主要字符表.....	298
附录 II 型钢规格表.....	300
习题答案.....	312

绪 论

工程力学是一门研究物体机械运动一般规律和有关构件的强度、刚度、稳定性理论的学科,它包括静力学、材料力学、运动力学的有关内容。

物体在空间的位置随时间的变化称为**机械运动**。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。在本书第一篇静力学中,研究机械运动的特殊情况——物体处于平衡的问题,包括如何将工程实际中比较复杂的力系加以简化以及物体平衡的条件。静力学是学习材料力学和运动力学的基础。

工程上的机械、设备、结构都是由构件组成的。构件工作时承受载荷的作用。为了使构件在载荷作用下正常工作而不破坏,也不发生过度的变形,同时又能保持原有的平衡状态而不丧失稳定,要求构件具有一定的强度、刚度和稳定性。在第二篇材料力学中,将研究构件的强度、刚度和稳定性的问题,在既安全又经济的条件下,为合理设计和使用材料提供理论依据。

工程实际中,对有些仪器或自动装置,主要是解决它的运动符合特定的要求,而受力分析较为次要;而在有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,在第三篇运动力学中,既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。

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,将物体抽象为**刚体**;在运动力学中,有时将物体抽象为点、质点;在材料力学中,用**变形体**来代表真实的物体等。

工程力学是一门技术基础课程,它在基础课程和专业课程之间起桥梁作用,为专业设备的机械运动分析和强度分析提供必要的理论基础。

高等职业技术教育培养的是应用型工程技术人才,学习工程力学,应在理解工程力学的基本概念和基本理论的基础上,学会应用所学的定理和公式去解决具体问题,所以,演算一定数量的习题,是巩固和加深理解所学知识的重要途径。

第一篇 静力学

物体在力作用下的机械运动和变形机理构成了工程力学的研究范畴。

平衡是指物体相对于地球处于静止状态或匀速直线运动状态,是物体机械运动中的一种特殊状态。静力学研究物体在力系作用下的平衡规律,因此,静力学讨论以下三方面的问题。

1. 物体的受力分析

研究物体与周围其他物体之间的联系,并将其从周围物体中分离出来,分析其所受的力。这些力包括主动力和约束力,约束力取决于周围物体限制的性质,即约束的类型与性质。

2. 力系的简化

作用于同一物体上的若干力所组成的系统,称为力系。如果作用在物体上的力系可以用另一个更简单的力系代替,而不改变原来力系对物体的运动效应,则这两力系称为等效力系。上述过程称为力系简化。若力系与一力等效,则称此力为该力系的合力。

3. 物体的平衡条件

物体处于平衡状态时,作用在其上的力系所必须满足的条件。该力系称为平衡力系。据此,可以由已知力求得未知力。

静力学中涉及的物体抽象为刚体。刚体是指在力的作用下不变形的物体。

静力分析不仅是学习后续有关强度、刚度、稳定性分析以及动力分析等内容的关键,而且也是正确进行工程设计所必备的基础。

第 1 章

静力学的基本概念及分析方法

1.1 力的基本概念

1.1.1 力的概念

力的概念是人们在长期的生活和生产实践中逐步形成的,如重力、万有引力、电磁力、两物体间的压力、摩擦力、牵引力等。力是物体间的相互机械作用。这种作用对物体产生两种效应:一种是使物体的机械运动状态发生改变,称为力的**运动效应或外效应**;一种是使物体的形状发生改变,称为力的**变形效应或内效应**。前者是第一篇静力学与第三篇运动力学研究的内容;后者属第二篇材料力学的研究范围。

1.1.2 力的三要素

实践证明,力对物体的作用效应取决于力的**大小、方向和作用点**,这三个因素称为力的三要素。当这三个要素中有任何一个改变时,力的作用效应也将改变。

1.1.3 力的单位

力的单位采用国际单位制,用牛顿(N)或千牛顿(kN)表示。

1.1.4 力的表示方法

力是矢量。图示时,常用一带箭头的线段表示(图 1.1),线段长度 AB 按一定的比例尺表示力的大小;线段的方位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;与线段重合的直线称为力的作用线。本书中用黑体字母表示矢量,而以普通字母表示矢量的模(即大小)。例如用 $\boldsymbol{F}$ 表示力的矢量,

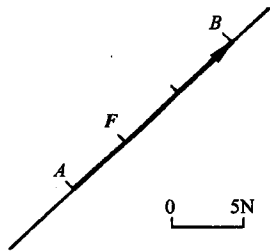
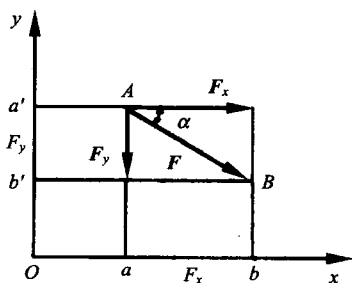


图 1.1 力的矢量表示

F 表示这个力的大小。

若力矢 F 在平面 Oxy 中, 则其矢量表达式为

$$F = F_x + F_y = F_x i + F_y j \quad (1-1)$$



式中, F_x 、 F_y 分别表示力 F 沿平面直角坐标轴 x 、 y 方向上的两个分量; F_x 、 F_y 分别表示力 F 在坐标轴 x 、 y 上的投影; i 、 j 分别为坐标轴 x 、 y 上的单位矢量。

力 F 在坐标轴上的投影定义为: 过力矢 F 两端向坐标轴引垂线 (图 1.2) 得垂足 a 、 b 和 a' 、 b' 线段 ab 、 $a'b'$ 分别为力 F 在 x 轴和 y 轴上投影的大小。投影的正负号则规定为: 由起点 a

图 1.2 力在直角坐标轴上的投影 到终点 b (或由 a' 到 b') 的指向与坐标轴正向相同时为正, 反之则为负。图 1.2 中力 F 在 x 轴和 y 轴的投影分别为

$$F_x = F \cos \alpha$$

$$F_y = F \sin \alpha \quad (1-2)$$

可见, 力的投影是代数数量。

若已知力的矢量表达式 (1-1), 则力 F 的大小及方向为

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$\tan \alpha = \left| \frac{F_y}{F_x} \right| \quad (1-3)$$

1.1.5 力的性质

人们经过长期的生活 and 实践积累, 总结出了几条力的基本性质, 因正确性已被实践反复证明, 为大家所公认, 所以也称静力学公理。

性质 1 (二力平衡公理) 刚体上仅受两力作用而平衡的必要与充分条件是: 此两力必须等值、反向、共线, 即 $F_1 = -F_2$ (图 1.3)。

工程上常遇到只受两个力作用而平衡的构件, 称为二力构件。根据性质 1, 二力构件上的两力必沿两力作用点的连线, 且等值、反向。

性质 2 (加减平衡力系公理) 在刚体的原有力系中, 加上或减去任何平衡力