

新世纪现代交通类专业系列教材

工程力学

现代交通远程教育教材编委会 编



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

新世纪现代交通类专业系列教材

工 程 力 学

现代交通远程教育教材编委会 编

清华大学出版社

北京交通大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书共分为两篇,第1篇为静力学,第2篇为材料力学。静力学部分分为7章,分别介绍静力学基本概念和公理、平面汇交力系、平面力偶和力矩、平面任意力系、摩擦和重心等内容。材料力学部分分为9章,分别介绍杆件拉伸(或压缩)、剪切与挤压、扭转、弯曲等变形条件下的内力、应力计算方法及强度条件,应力状态、强度理论与组合变形的强度计算,压杆的稳定性计算,交变应力及动载荷作用下杆件的强度计算等内容。为便于学生复习和自学,每章开头有学习指导,末尾附有小结、思考题及习题。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/现代交通远程教育教材编委会编. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社, 2005.8

(新世纪现代交通类专业系列教材)

ISBN 7-81082-539-9

I. 工… II. 现… 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(2005)第 074510 号

责任编辑:韩 乐

出版者:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:17.5 字数:437千字

版 次:2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

书 号:ISBN 7-81082-539-9/TB·6

印 数:1~4000册 定价:25.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@center.bjtu.edu.cn。

现代交通远程教育教材编委会

成 员 名 单

主 任：付国民

副 主 任：王文标 梁文英

成 员：(以姓氏笔画为序)

王夕展 王燕华 司文钰

司银涛 刘三刚 肖云梅

李家俊 陈 庚 张吉国

张恩杰 苏建林 罗 毅

周新湘 谢瑞琬 廖贵星

魏新华 戴新忠

本书主编：王文标

本书主审：黄志平

出版说明

北京交通大学是教育部直属的全国重点大学,至今已有百年历史。在漫长的办学历程中,北京交通大学逐步形成了“团结勤奋、求实创新、谦虚谨慎、开拓进取”的精神,正向着“国内一流、国际知名大学”这一宏伟目标迈进。

为了适应社会主义现代化建设对高素质专门人才的培养,北京交通大学积极发展多种形式的高等教育,现代远程教育是其形式之一。它采用计算机多媒体技术,通过互联网、卫星视频会议系统进行教学,具有鲜明的时代特征。现代远程教育具有很多优势:它可以使高等教育不受校园的局限,扩大接受高等教育人口的比例;它极大地方便了学习者,使学生利用现代远程教育便可学到最新的知识,享受第一流的教育资源;它还构建了终身学习体系,使知识经济时代人们终身学习的愿望得以实现。由于现代远程教育的诸多优点,在发达国家已经非常广泛地被采用。

为落实交通部《“十五”交通教育培训规划》、《“十五”交通行政执法人员提高学历层次教育的实施意见》和《“十五”全国地方交通行政干部教育培训的实施意见》精神,充分发挥交通系统各类交通院校教育资源的优势和特色,为交通现代化建设、交通可持续发展培养高层次专门人才,北京交通大学与交通系统各类院校本着“优势互补、资源共享、互利互惠、共同发展”的原则,合作开展现代远程教育试点工作。目前,已经在北京交通管理干部学院设立了北京交通大学现代远程教育交通分院,并在全国交通系统设立了29个交通教学中心,开办了公路工程与管理(专科)、交通运输管理(专科)、公路工程与管理(专升本)、交通运输管理(专升本)、财务会计(专科)、会计学(专升本)和法学(专升本)等专业。

现代远程教育与传统的面对面的教育方式不同,它更强调学生的自主个性化学习,因此需要提供更适合于自学的教材,同时还要提供内容丰富的多媒体教学课件、电子教案、自学指导书等,以支持远程教育活动。

为进一步适应现代远程教育事业的发展,北京交通大学现代远程教育交通分院组织编写了这套现代交通远程教育教材。本套教材是根据教育部审定批准的教学大纲编写的,适合高等教育的教学及学生学习,尤其适合现代交通远程教育的本(专)科学生学习使用。

现代交通远程教育教材编委会

2005年8月

前 言

本书根据北京交通大学制定的现代远程教育交通类专业工程力学教学大纲编写。全书包括静力学和材料力学两部分。

根据交通工程实际对交通技术和管理人员专业知识的需求和教学大纲对培养应用型人才的要求,本教材在编写过程中突出了以下几方面的特点:①基础理论以“必需、够用”为原则,在保证课程理论的系统性和严谨性的同时,更注重知识的实用性;②遵照“循序渐进,由浅入深”的原则,力求教材结构简单,内容连贯流畅,重点突出;③对部分难点内容,进行了简化处理,删除了烦琐的理论公式推导,而增加了例题和习题,力图通过实例来加深对基础概念和理论的理解和掌握;④为便于读者自学,每章开头都有学习指导,末尾都有小结、思考题和习题。

本书第1篇为静力学,包括静力学基本概念和公理、平面汇交力系、平面力偶和力矩、平面任意力系、摩擦、空间力系、重心,共7章。第2篇为材料力学,包括绪论、拉伸和压缩、剪切和挤压、圆轴扭转、直梁的弯曲、应力状态和强度理论、组合变形时的强度计算、压杆稳定、动荷应力、交变应力,共9章。

本教材作为北京交通大学现代远程教育交通类公路工程与管理专业的试用教材,也可以作为其他相近专业的试用教材和工程技术人员的参考书。

由于本人水平有限,加上时间较紧,本教材难免有不妥和错误之处,恳请广大读者批评指正。

王文标

2005年8月于北京

目 录

第1篇 静 力 学

第1章 静力学基本概念和公理	(3)
学习指导	(3)
1.1 静力学基本概念	(3)
1.1.1 力的概念	(3)
1.1.2 刚体的概念	(4)
1.1.3 平衡的概念	(4)
1.1.4 力系的概念	(4)
1.2 静力学基本公理	(4)
1.2.1 二力平衡公理	(5)
1.2.2 加减平衡力系公理	(5)
1.2.3 力的平行四边形公理	(5)
1.2.4 作用与反作用公理	(6)
1.3 约束与约束反力	(7)
1.3.1 自由体和非自由体	(7)
1.3.2 约束与约束反力	(7)
1.3.3 常见的约束类型及其约束反力方向的确定	(7)
1.4 物体受力分析和受力图	(10)
小结	(13)
思考题	(14)
习题	(15)
第2章 平面汇交力系	(17)
学习指导	(17)
2.1 平面汇交力系合成的几何法和平衡的几何条件	(17)
2.1.1 平面汇交力系合成的几何法	(18)
2.1.2 平面汇交力系平衡的几何条件	(18)
2.2 力的分解及合力投影定理	(20)
2.2.1 力的分解	(20)
2.2.2 力在直角坐标轴上的投影	(20)
2.2.3 合力投影定理	(21)
2.3 用解析法求平面汇交力系的合力	(22)
2.4 平面汇交力系平衡的解析条件和平衡方程	(23)

小结	(25)
思考题	(26)
习题	(26)
第3章 平面力偶和力矩	(28)
学习指导	(28)
3.1 力偶的概念	(28)
3.1.1 力偶	(28)
3.1.2 力偶矩	(28)
3.1.3 力偶的基本性质	(29)
3.2 平面力偶系的合成与平衡	(29)
3.2.1 平面力偶系的合成	(29)
3.2.2 平面力偶系的平衡条件	(30)
3.3 力对点之矩	(31)
3.4 合力矩定理	(31)
3.5 力的平移定理	(32)
小结	(33)
思考题	(34)
习题	(36)
第4章 平面任意力系	(39)
学习指导	(39)
4.1 平面任意力系的简化	(39)
4.1.1 平面任意力系向一点简化	(39)
4.1.2 主矢和主矩的计算	(40)
4.1.3 平面任意力系简化结果分析	(41)
4.2 平面任意力系的平衡条件和平衡方程	(42)
4.2.1 平面任意力系的平衡条件	(42)
4.2.2 平面任意力系平衡方程的基本形式	(42)
4.2.3 平面任意力系平衡方程的其他形式	(44)
4.3 平面平行力系的平衡方程	(46)
4.4 物体系统的平衡	(47)
小结	(49)
思考题	(50)
习题	(51)
第5章 摩擦	(55)
学习指导	(55)
5.1 滑动摩擦	(55)
5.1.1 静摩擦	(55)
5.1.2 摩擦角	(56)
5.1.3 动滑动摩擦	(58)

5.2 考虑摩擦时的平衡问题·····	(58)
5.3 滚动摩擦·····	(61)
小结·····	(63)
思考题·····	(64)
习题·····	(65)
第6章 空间力系 ·····	(67)
学习指导·····	(67)
6.1 力在空间直角坐标轴上的投影·····	(67)
6.1.1 空间力系·····	(67)
6.1.2 力在空间坐标轴上的投影·····	(67)
6.2 力对轴之矩·····	(69)
6.2.1 力对轴之矩·····	(69)
6.2.2 合力矩定理·····	(70)
6.3 空间力系的平衡方程·····	(71)
6.3.1 空间任意力系的平衡条件和平衡方程·····	(71)
6.3.2 空间汇交力系和空间平行力系的平衡方程·····	(71)
小结·····	(72)
思考题·····	(73)
习题·····	(73)
第7章 重心 ·····	(76)
学习指导·····	(76)
7.1 平行力系中心·····	(76)
7.1.1 平行力系中心·····	(76)
7.1.2 平行力系中心的性质·····	(76)
7.1.3 平行力系中心的坐标公式·····	(77)
7.2 重心和形心·····	(77)
7.2.1 重心·····	(77)
7.2.2 形心·····	(78)
7.3 几种求重心位置的方法·····	(79)
7.3.1 具有对称形状的均质物体的重心·····	(79)
7.3.2 积分法·····	(79)
7.3.3 组合法·····	(81)
7.3.4 实验法·····	(83)
小结·····	(83)
思考题·····	(85)
习题·····	(85)

第2篇 材料力学

材料力学总序·····	(89)
-------------	------

思考题	(92)
第8章 拉伸和压缩	(93)
学习指导	(93)
8.1 拉伸(压缩)的概念与实例	(93)
8.2 拉伸(压缩)时的内力和应力	(94)
8.2.1 内力的概念	(94)
8.2.2 截面法	(94)
8.2.3 轴力和轴力图	(95)
8.2.4 应力	(96)
8.3 拉伸(压缩)变形与虎克定律	(98)
8.3.1 变形	(98)
8.3.2 虎克定律	(99)
8.3.3 横向变形系数	(99)
8.3.4 杆件拉(压)变形计算举例	(99)
8.4 拉伸(压缩)时材料的机械性质	(100)
8.4.1 材料在拉伸时的机械性质	(101)
8.4.2 材料在压缩时的机械性质	(103)
8.4.3 塑性材料与脆性材料的比较	(104)
8.5 许用应力与安全系数	(105)
8.6 拉伸和压缩时的强度计算	(105)
8.6.1 强度条件	(105)
8.6.2 强度计算举例	(106)
8.7 拉伸和压缩时的静不定问题	(108)
8.8 应力集中概念与圣维南原理	(109)
8.8.1 应力集中概念	(109)
8.8.2 圣维南原理	(110)
小结	(111)
思考题	(113)
习题	(113)
第9章 剪切和挤压	(116)
学习指导	(116)
9.1 剪切和挤压的概念	(116)
9.2 剪切时的应力与剪切虎克定律	(117)
9.2.1 应力	(117)
9.2.2 剪切虎克定律	(118)
9.2.3 E 、 G 和 μ 三者关系	(118)
9.3 剪切和挤压强度计算	(119)
9.3.1 剪切强度条件	(119)
9.3.2 挤压应力计算与挤压强度条件	(119)

9.3.3 剪切和挤压强度计算举例	(120)
小结	(121)
思考题	(122)
习题	(122)
第 10 章 圆轴的扭转	(124)
学习指导	(124)
10.1 扭转的概念	(124)
10.2 扭转时的内力 and 内力图	(125)
10.2.1 外力偶矩	(125)
10.2.2 内力矩	(125)
10.2.3 扭矩图	(126)
10.3 圆轴扭转时的应力	(127)
10.3.1 平面假设	(127)
10.3.2 几何方面	(127)
10.3.3 物理方面	(128)
10.3.4 静力学方面	(129)
10.4 薄壁圆筒的扭转	(130)
10.4.1 薄壁圆筒扭转时的应力与应变	(130)
10.4.2 剪应力互等定理	(131)
10.5 圆轴扭转时的变形	(132)
10.6 圆轴扭转时的强度和刚度计算	(132)
10.6.1 扭转时的强度条件	(132)
10.6.2 扭转时的刚度条件	(132)
10.6.3 圆轴扭转强度、刚度计算举例	(133)
小结	(135)
思考题	(137)
习题	(138)
第 11 章 直梁的弯曲	(139)
学习指导	(139)
11.1 弯曲的概念	(139)
11.1.1 弯曲变形与平面弯曲	(139)
11.1.2 梁和载荷的基本类型	(140)
11.2 梁弯曲时的内力——剪力和弯矩	(141)
11.2.1 剪力和弯矩的概念	(141)
11.2.2 剪力和弯矩的符号规定	(141)
11.2.3 剪力和弯矩的计算规律	(143)
11.3 剪力图和弯矩图	(144)
11.3.1 绘制剪力图和弯矩图的基本方法	(144)
11.3.2 简捷法绘制剪力图和弯矩图	(149)

11.3.3 叠加法作弯矩图	(153)
11.4 梁纯弯曲时的正应力	(155)
11.4.1 变形现象与平面假设	(155)
11.4.2 应变规律与应力分布规律	(156)
11.4.3 弯曲正应力计算公式	(157)
11.5 截面惯性矩的计算	(159)
11.5.1 惯性矩和极惯性矩	(160)
11.5.2 简单截面的惯性矩	(160)
11.5.3 惯性矩的平行移轴公式	(162)
11.5.4 组合截面的惯性矩	(163)
11.6 梁弯曲时的剪应力	(165)
11.6.1 矩形截面梁横截面上的剪应力	(165)
11.6.2 几种常用截面的最大剪应力公式	(166)
11.7 梁的弯曲强度计算	(168)
11.8 提高梁的承载能力的措施	(172)
11.8.1 选用合理截面形状	(172)
11.8.2 采用变截面梁	(173)
11.8.3 合理配置载荷	(174)
11.9 梁弯曲变形和挠曲线近似微分方程	(174)
11.9.1 工程中的弯曲变形问题	(174)
11.9.2 挠度和转角	(175)
11.9.3 挠曲线近似微分方程	(175)
11.10 用积分法求梁的变形	(176)
11.11 用叠加法求梁的变形	(177)
11.12 梁的刚度校核及提高弯曲刚度的措施	(180)
11.12.1 梁的刚度校核	(180)
11.12.2 提高弯曲刚度的措施	(180)
小结	(181)
思考题	(185)
习题	(185)
第 12 章 应力状态和强度理论	(190)
学习指导	(190)
12.1 应力状态的概念	(190)
12.1.1 轴向拉(压)时斜截面上的应力	(190)
12.1.2 应力状态的研究方法及其分类	(192)
12.2 平面应力状态下的应力分析	(193)
12.2.1 斜截面上的正应力和剪应力	(193)
12.2.2 最大正应力、主应力和主平面	(196)
12.2.3 最大剪应力和最小剪应力	(197)

12.2.4 主应力与最大剪应力之间的关系	(197)
12.3 强度理论	(200)
小结	(203)
思考题	(205)
习题	(205)
第 13 章 组合变形时构件的强度计算	(207)
学习指导	(207)
13.1 组合变形概念及计算原理	(207)
13.2 拉伸(压缩)与弯曲组合变形	(208)
13.2.1 外力对梁轴倾斜作用时的组合变形计算	(208)
13.2.2 偏心压缩(或拉伸)	(210)
13.2.3 截面核心的概念	(214)
小结	(215)
思考题	(215)
习题	(216)
第 14 章 压杆稳定	(218)
学习指导	(218)
14.1 压杆稳定的概念	(218)
14.2 确定临界力的欧拉公式	(220)
14.2.1 欧拉公式	(220)
14.2.2 临界应力	(221)
14.3 欧拉公式的应用范围及临界应力的经验公式	(221)
14.3.1 欧拉公式的适用范围	(221)
14.3.2 临界应力的经验公式	(222)
14.4 压杆的稳定计算	(223)
14.4.1 安全系数法	(223)
14.4.2 折减系数法	(223)
14.5 提高压杆稳定性的措施	(226)
小结	(227)
思考题	(228)
习题	(229)
第 15 章 动荷应力	(231)
学习指导	(231)
15.1 动载荷的概念	(231)
15.2 构件作匀加速直线运动时的应力计算	(231)
15.3* 薄壁圆环作匀速旋转的应力计算	(232)
15.4* 杆受轴向冲击时的应力计算	(233)
小结	(234)
思考题	(235)

第 16 章 交变应力* (236)

 学习指导..... (236)

 16.1 交变应力的概念..... (236)

 16.1.1 交变载荷与交变应力 (236)

 16.1.2 交变应力下构件破坏的原因 (237)

 16.2 交变应力的循环特征..... (238)

 16.2.1 应力循环曲线 (238)

 16.2.2 对称循环和脉动循环 (239)

 16.3 对称循环时材料的持久极限..... (240)

 16.3.1 持久极限 (240)

 16.3.2 影响持久极限的主要因素 (241)

 16.4 交变应力下构件的强度校核..... (243)

 16.5 提高疲劳强度的措施..... (244)

 小结..... (245)

 思考题..... (247)

 习题..... (247)

附录 A 型钢表..... (249)

附录 B 有效应力集中系数..... (260)

参考文献..... (263)

第 1 篇

静 力 学

第1章 静力学基本概念和公理

学习指导

本章主要内容为:静力学基本概念,静力学基本公理,约束和约束反力,物体受力分析和受力图。

静力学基本概念和公理是静力学的理论基础,也是对物体进行受力分析和解决静力学问题的依据,因此在学习时要仔细领会这些概念是如何抽象出来的,其含义是什么。对于公理,则要掌握它们的内容和适用条件。物体受力分析是解决静力学问题的第一步,是力学课程的重点和难点,所以要牢固掌握,反复练习。

1.1 静力学基本概念

1.1.1 力的概念

1. 力的定义

力是人们在生活和生产实践中逐渐形成的抽象概念。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改变或形状发生改变(变形)。

2. 力的效应

作用在物体上的力可以使物体发生两种效应。力使物体运动状态发生改变的效应,叫做力的外效应。力使物体形状发生改变(即变形)的效应,叫做力的内效应。理论力学(包括其中的静力学)研究力的外效应,材料力学研究力的内效应。力的外效应又可分为移动效应和转动效应。一般情况下,力既能使物体产生移动效应,又能使物体产生转动效应。

力对物体的作用效果决定于力的大小、方向和作用点三个因素,通常称为力的三要素。显然,当力的三个要素中的任何一个要素发生了改变,力的作用效果将发生改变。因此,要准确表达一个力,就要把力的三个要素均表示出来。

3. 力的表示

在物理学中,把既有大小又有方向的量称为矢量(也叫向量),只有大小而没有方向的量称为标量。力不仅有大小,而且也有方向,所以力是矢量。

力的表示如图 1-1 所示。力可用一个带箭头的线段来表示,线段长度按一定比例表示力的大小,线段的方位和指向表示力的方向,线段的起点或终点表示力的作用点。

在书写时,力矢量(简称力矢)常用字母的上方加一横线表示,如 $\bar{F}$ 、 $\bar{P}$ 等。印刷体中,力矢多用黑体字母表示,如 $\mathbf{F}$ 、 $\mathbf{P}$ 等,而与之

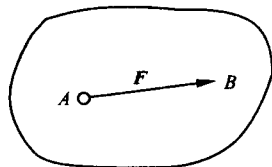


图 1-1