

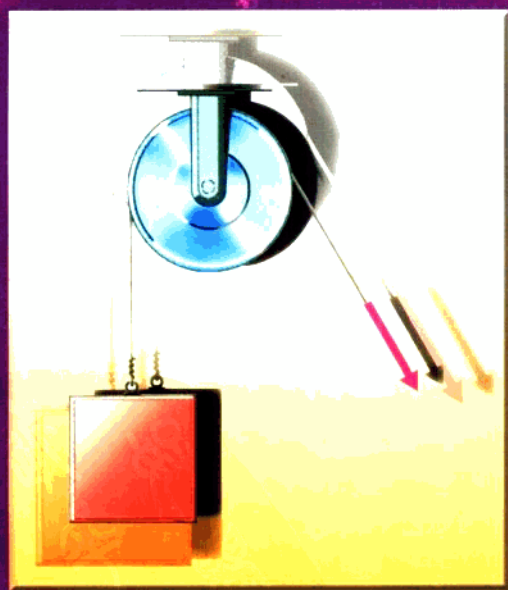


国家教委中等专业学校规划教材

机械类（少学时）专业通用

工程力学

李龙堂 主编



高等教育出版社

国家教委中等专业学校规划教材

机械类(少学时)专业通用

工 程 力 学

北京煤炭管理干部学院

李龙堂

冯云兰

合编

辽源煤炭工业学校

佟玉清

李 龙 堂

主编

高等教育出版社

本教材是按照国家教育委员会审订的中等专业学校招收初中毕业生、学制为四年的工科机械类专业《工程力学教学大纲》(85~105学时)编写的。经全国中等专业学校力学课程组审订,推荐为全国通用教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/李龙堂主编;李龙堂等合编. —北京:高等教育出版社,1989.4(1995重印)
中等专业学校教材
ISBN 7-04-002166-8

I. 工… II. ①李… ②李… III. 工程力学-专业学校-教材 N. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 00372 号

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号 邮政编码 100009
电 话 010-64054588 传 真 010-64014048
网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店上海发行所
印 刷 上海新华印刷厂

开 本	850×1168 1/32	版 次	1989 年 4 月第 1 版
印 张	13.375	印 次	2000 年 7 月第 15 次印刷
字 数	322 000	定 价	13.00 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书是根据一九八七年三月国家教育委员会审订的中等专业学校四年制工科机械类专业《工程力学教学大纲》编写的,可作为教学大纲规定为85~105学时的招收初中毕业生、学制四年的中等专业学校和其他中等专业学校各专业工程力学课程的试用教材。

本书采用国际单位制。每章有思考题、习题,单数习题后附有答案。双数习题的答案可见臧尔信主编的《工程力学教学参考书》。

本书由北京煤炭管理干部学院李龙堂(绪论、第一至十三章及三个总结)、辽源煤炭工业学校佟玉清(第十四、十五章)、冯云兰(第十六章)合编,由李龙堂主编。

本书由天津理工学院臧尔信和西安电力学校夏成炎主审,天津纺织工业学校陈镇昌和陕西煤炭工业学校刘文阁参加了审稿会。他们对初稿提出了宝贵意见,尤其是臧尔信为本书的定稿付出了辛勤的劳动,在此一并表示感谢。

限于编者水平,书中不当之处在所难免,热诚希望读者批评指正。

编 者

一九八八年五月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 静 力 学

第一章 静力学的基本概念和公理	7
§ 1-1 静力学基本概念	7
§ 1-2 静力学公理	8
§ 1-3 约束与约束反力	12
§ 1-4 受力图	16
思考题	21
习题	23
第二章 平面汇交力系	26
§ 2-1 平面汇交力系的合成	27
§ 2-2 平面汇交力系平衡的解析条件	35
思考题	39
习题	40
第三章 力矩和平面力偶系	45
§ 3-1 力对点之矩 合力矩定理	45
§ 3-2 力偶及其基本性质	48
§ 3-3 平面力偶系的合成与平衡	52
§ 3-4 力的平移定理	54
思考题	56
习题	57
第四章 平面任意力系	61
§ 4-1 平面任意力系向一点简化	61
§ 4-2 平面任意力系简化结果的分析	66
§ 4-3 平面任意力系的平衡条件	68
§ 4-4 物体系统的平衡 静定与静不定问题的概念	75
§ 4-5 考虑摩擦时的平衡问题	85

思考题	93
习题	95
第五章 空间力系和重心	104
§ 5-1 力沿空间直角坐标轴的分解和投影	104
§ 5-2 力对轴之矩	108
§ 5-3 空间任意力系的平衡方程	110
§ 5-4 空间任意力系的平衡问题转化为平面问题的解法	116
§ 5-5 重心	120
思考题	128
习题	129
静力学总结	135

第二篇 材料力学

第六章 材料力学的基本概念	141
§ 6-1 变形固体的基本假设	141
§ 6-2 外力及其分类	142
§ 6-3 内力、截面法、应力	143
§ 6-4 杆件变形的基本形式	146
思考题	147
第七章 轴向拉伸和压缩	149
§ 7-1 轴向拉伸和压缩的概念	149
§ 7-2 轴向拉伸和压缩时横截面上的内力——轴力	150
§ 7-3 轴向拉伸和压缩时横截面上的应力	154
§ 7-4 轴向拉伸和压缩时的变形 胡克定律	155
§ 7-5 材料在拉伸或压缩时的力学性质	160
§ 7-6 许用应力及安全系数	165
§ 7-7 轴向拉伸或压缩时的强度计算	166
§ 7-8 应力集中的概念	170
思考题	172
习题	173
第八章 剪切	180
§ 8-1 剪切和挤压的概念	180

§ 8-2 剪切和挤压实用计算	182
§ 8-3 剪切胡克定律 切应力互等定律	187
思考题	189
习题	190
第九章 圆轴的扭转	193
§ 9-1 扭转的概念 外力偶矩的计算	193
§ 9-2 圆轴扭转时横截面上的内力	194
§ 9-3 圆轴扭转时横截面上的应力	199
§ 9-4 圆轴扭转时的变形	205
§ 9-5 圆轴扭转时的强度和刚度计算	206
思考题	210
习题	210
第十章 直梁的弯曲	215
§ 10-1 梁弯曲的概念	215
§ 10-2 梁弯曲时横截面上的内力——剪力和弯矩	217
§ 10-3 剪力图和弯矩图	221
* § 10-4 剪力、弯矩与分布载荷集度间的关系 剪力图与 弯矩图的半图解积分法	231
§ 10-5 纯弯曲时横截面上的正应力	235
§ 10-6 梁弯曲时的强度计算	243
§ 10-7 提高梁的抗弯能力的措施	247
§ 10-8 梁的变形	250
思考题	256
习题	258
基本变形总结	266
第十一章 组合变形的强度计算	269
§ 11-1 概述	269
§ 11-2 弯曲与拉伸(压缩)的组合变形	270
§ 11-3 应力状态的概念 强度理论简介	275
§ 11-4 弯曲与扭转的组合变形	282
思考题	287

习题	288
第十二章 压杆稳定	293
§ 12-1 压杆稳定的概念	294
§ 12-2 临界力	295
§ 12-3 压杆的稳定计算	300
§ 12-4 提高压杆稳定性的措施	302
思考题	304
习题	305
第十三章 动载荷和交变应力的概念	307
§ 13-1 动载荷	307
§ 13-2 交变应力	312
思考题	315
第三篇 运 动 力 学	
第十四章 质点运动力学	319
§ 14-1 质点的运动规律	319
§ 14-2 自然法求速度、加速度	324
§ 14-3 直角坐标法求速度和加速度	332
§ 14-4 动力学基本定律	336
§ 14-5 质点运动微分方程	338
§ 14-6 动静法	344
思考题	349
习题	350
第十五章 刚体运动力学	356
§ 15-1 刚体的平动	356
§ 15-2 刚体绕定轴转动	360
§ 15-3 刚体绕定轴转动的动力学基本方程	369
§ 15-4 转动惯量	371
§ 15-5 刚体绕定轴转动动力学基本方程的应用	376
思考题	379
习题	380
第十六章 动能定理	386

§ 16-1 功	386
§ 16-2 动能	392
§ 16-3 动能定理	395
§ 16-4 功率和效率	402
思考题	405
习题	406
运动力学总结	412
附录 型钢规格表(摘录)	415

绪 论

一、工程力学的研究对象

本教程包括静力学、材料力学和运动力学三个部分。

工程力学是一门研究物体机械运动规律以及构件强度、刚度和稳定性等计算原理的科学。

所谓机械运动，是指物体在空间的位置随时间的变化。机械运动是物质运动形式中最简单的一种形式。星球的运动，车辆、船只的行驶以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，所以，在工程力学中首先要研究物体受力后的平衡条件以及它在工程中的应用。这是静力学部分的主要任务。

材料力学部分的主要任务是：研究构件在外力作用下的变形、受力和破坏的规律，为合理设计构件提供有关强度、刚度和稳定性分析的基本理论和方法。

运动力学部分的主要任务是：研究质点的运动和刚体的基本运动，以及在这些运动中，受力物体的运动与作用力之间的关系。

二、工程力学的研究方法

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

1. 观察和实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,总结出力学的最基本的规律。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,进行实验也是必不可缺的。实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,因此实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作了多次实验,提出了“加速度”的概念。又如摩擦定律、材料力学中的平面假设也都是以实验作为基础的。特别从近代力学的研究和发展来看,实验更是重要的研究方法之一。

2. 在观察和实验的基础上,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。例如,在研究物体的机械运动时,忽略了受力产生的变形,得到刚体的模型;忽略物体的几何尺寸,得到质点的模型等等。但是,抽象化的方法是有条件的、相对的,当研究问题的条件改变了,原来的模型就不一定适用。例如,在研究物体内部的受力情况和它的变形时,刚体的模型就不再适用。总之,抽象化的方法一方面使所研究的问题大为简化,另一方面也更深刻地反映了事物的本质。

3. 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,考虑到问题的具体条件,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。

工程力学是前人经过无数次“实践——理论——实践”的循环反复过程，使认识不断提高和深化，逐步总结和归纳出的物体机械运动的一般规律及对构件进行强度、刚度和稳定性计算的合理方法。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。

三、工程力学在工程技术中的地位与作用

工程力学是一门理论性较强的技术基础课，在工科各专业的教学计划中都占有重要的地位。学习工程力学的目的是：

1. 工科各专业一般都要涉及机械运动和强度计算的问题。工程力学的定律、定理与结论广泛应用于各种工程技术之中，冶金、煤炭、石油、化工、机械、建筑、轻工、纺织以及交通、地震科学等等，都要用到工程力学知识，所以它是解决工程实际问题的重要基础。

2. 工程力学是研究力学中最普遍、最基本的规律。工科专业的课程，如机械原理、机械零件等技术基础课和其他专业课，都要以工程力学为基础。所以，工程力学是学习一系列后续课程的重要基础。

3. 工程力学的研究方法具有典型性，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。

综上所述，可以看出：作为未来的工程技术人员，不仅要学好工程力学的科学内容，还要逐步领会其研究方法。只有这样，才能在建设具有中国特色的社会主义的过程中，作出较大的贡献。

第一篇 静 力 学

静力学是研究物体在力系作用下的平衡规律的科学。

所谓力系,是指作用于物体上的一群力。

静力学中的平衡,是指物体相对于地面保持静止或作匀速直线运动的状态。物体的平衡总是暂时的、相对的。例如,在直线轨道上运动的列车,当牵引力和摩擦力相等时作匀速直线运动,因这种受力关系很难时刻维持,所以平衡是暂时的。又如,地面上的建筑物看来是静止的,但它随着地球的自转和公转却又不断地运动着,所以平衡是相对的。

物体在力系作用下处于平衡状态时,称该力系为平衡力系。

作用于物体上的力系,若使物体处于平衡状态,必须满足一定的条件,这些条件称为力系的平衡条件。

如果一个力系对物体的作用能用另一个力系来代替而不改变作用效果时,这两个力系互为等效力系。

在静力学中,主要研究两个问题:

1. 力系的简化

将一些比较复杂的力系用作用效果完全相同的简单力系或一个力来代替,称为力系的简化。在我们所遇到的工程实际问题中,物体往往受一群复杂的力作用,必须将这些比较复杂的力系进行简化,才能进一步导出力系的平衡条件。

2. 力系的平衡

在设计静止或作匀速直线运动的构件时,必须先分析构件的受力情况,然后应用力系的平衡条件计算出所受的未知力,最后才

能按照材料的性能确定构件的几何尺寸。

静力学不仅在工程技术中广泛地被直接应用,而且也为材料力学、运动力学和一些后续课程准备了条件,所以,学好这一部分是非常重要的。

第一章 静力学的基本概念和公理

§ 1-1 静力学基本概念

一、力的概念

人用手去拉悬挂着的静止弹簧时,人手和弹簧之间有了相互作用,这种作用引起弹簧运动和变形。人们在生活和生产实践中,经过长期地观察和分析,逐步形成和建立了力的科学概念:力是物体间相互的机械作用,这种作用使物体的运动状态或形状发生改变。物体运动状态的改变是力的外效应,物体形状的改变是力的内效应。

力既然是物体间相互的机械作用,所以,力不能脱离周围物体而存在。

力对物体的效应,决定于三个要素:(1)力的大小;(2)力的方向;(3)力的作用点。当这三个要素中,有任何一个要素改变时,力的作用效果就会改变。

在力学中有两种量:标量和矢量。只考虑大小的量称为标量,长度、时间、质量都是标量。既考虑大小又考虑方向的量称为矢量,力和速度都是矢量。矢量可用一具有方向的线段来表示。

图 1-1 中的有向线段 $\overline{AB}$ 是一个力矢。这个矢量的长度(按一定的比例尺)表示力的大小($F = 60 \text{ N}$);矢量的方位和箭头的指向表示力的方向;矢量的始端 A 表示力的作用点。本书中用黑体字母表示矢量,而以普通字母表示该矢量的模(即

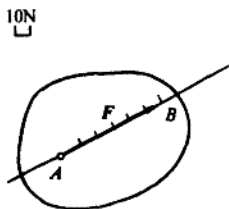


图 1-1

大小)。

为了测定力的大小,必须确定力的单位。按照国际单位制的规定,力的单位为 N。

若一个力和一个力系等效,则称这个力是该力系的合力,而力系中的各个力都是其合力的分力。把各分力代换成合力的过程,称为力系的合成。把合力代换成几个分力的过程,称为力的分解。

二、刚体的概念

所谓刚体,就是在任何外力作用下,大小和形状始终保持不变的物体。事实上,刚体是不存在的。任何物体受力后,都将或多或少地改变形状,即发生变形。但微小变形对研究物体的平衡问题不起主要作用,可以略去不计,这样可使问题的研究大为简化。这种抓住主要因素、忽略次要因素的做法是科学的抽象。静力学中研究的物体均视为刚体。

§ 1-2 静力学公理

所谓公理,就是符合客观现实的真理。静力学公理就是人类从反复实践中总结出来的,它的正确性已被人们所公认。静力学的全部理论,就是以静力学公理为依据导出的,所以,它是静力学的基础。

公理一(二力平衡公理)

作用在刚体上的两个力,使刚体保持平衡的必要和充分条件是:这两个力大小相等,方向相反,且作用在同一直线上。

对于变形体来说,公理一给出的条件是必要的,但不是充分的。例如,软绳受两个等值、反向的拉力作用可以平衡,但受两个等值、反向的压力作用就不能平衡了(图 1-2)。