

高等学校教材

工程力学

静力学

(1997年修订版)

北京科技大学 东北大学 编

高等教育出版社

A1125/110

高等学校教材

工 程 力 学

静 力 学

(1997 年修订版)

北京科技大学(~~原北京铁道学院~~)
东 北 大 学(~~原东北工学院~~)

编

高等教育出版社

(京) 112号

图书在版编目 (CIP) 数据

工程力学 上册: 静力学/北京科技大学, 东北大学编。
修订版. —北京: 高等教育出版社, 1997 (1999 重印)
高等学校教材
ISBN 7-04-005962-2

I. 工… II. ①北… ②东… III. ①工程力学-高等学校-教材②工程力学: 静力学-高等学校-教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 09773 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	新华书店北京发行所		
印 刷	北京印刷一厂		
开 本	850×1168 1/32	版 次	1979 年 7 月第 1 版
印 张	6		1997 年 7 月第 3 版
字 数	150 000	印 次	1999 年 4 月第 3 次印刷
		定 价	6.20 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

7B12-43
2-3

402837

内 容 提 要

本书是在1979年原北京钢铁学院和原东北工学院合编的《工程力学》的基础上,保持原有体系和特点,根据教育改革的需要和国家有关新规定及新标准,进行了修订。

将原《工程力学》上、中、下册改为《静力学》、《材料力学》和《运动学和动力学》,独立分册出版。

本书主要适用于高等工科院校冶金、地质、采矿、轻工、材料、石油、热加工等类专业少学时理论力学、材料力学或工程力学课程,也可供有关技术人员参考。

参加本版修订的有:北京科技大学(原北京钢铁学院)纪炳炎(静力学第一章至第四章,材料力学第四章至第六章),屈革(静力学第五章、第六章,材料力学第一章至第三章);东北大学(原东北工学院)周康年(材料力学第七章至第十章),殷汝珍(运动学和动力学第三章、第四章、第八章、第十章);山东轻工学院刘思汉(运动学和动力学第一章、第二章、第五章、第六章、第七章、第九章)。

1997 年修订版序

本书自第一版(1979年)出版以来,已有16年,为了适应教育改革的需要并符合国家有关新规定及新标准,我们在保持本书原有体系和特点的基础上,对本书进行了修订,其要点如下:

(1) 在本版中,对全书的文字叙述做了必要增删与修改,力图做到主次分明,详略适当。对全书插图也进行了修改与舍弃,力求文字更精练,插图更鲜明。

(2) 在本版中,增删了部分思考题和习题。这对读者理解基本概念和基本理论,提高学习兴趣,是极为有益的,特别是有利于培养读者分析问题和解决问题的能力。

(3) 工程力学是一门理论性较强的技术基础课,为了使读者易于掌握,本版按照循序渐进、由简到繁、由特殊到一般的认识规律安排内容。每章之后有小结,有利于读者复习和总结所学知识。保留原书一些带*的选修内容,供不同专业选用。

(4) 在本版中,根据国家颁布的新标准与新规定,逐章逐节地重新统一了名称、符号和单位。

本书主要适用于高等工科院校冶金、地质、采矿、轻工、材料、石油、热加工等专业少学时理论力学、材料力学或工程力学课程,也可供有关技术人员参考。

为了便于使用,本书分为三册:静力学、材料力学、运动学和动力学。各册之间既相互配合,又相对独立,读者可根据需要选用。

参加本版修订的有:北京科技大学(原北京钢铁学院)纪炳炎(静力学第一章至第四章,材料力学第四章至第六章),屈革(静力学第五章、第六章,材料力学第一章至第三章);东北大学(原东北工学院)周康年(材料力学第七章至第十章),殷汝珍(运动

学和动力学第三章、第四章、第八章、第十章); 山东轻工学院刘思汉(运动学和动力学第一章、第二章、第五章、第六章、第七章、第九章)。

本书出版十余年来, 得到广大读者厚爱, 使本书能够不断改进, 修订中得到北京科技大学、东北大学和读者们的关心与帮助。借本书修订出版之际, 在此表示衷心谢意。

书中若有疏漏或欠妥之处, 殷切希望读者批评指正。

编 者

1997年5月

第一版序

本教材是根据1977年11月教育部委托召开的高等学校工科力学教材会议的建议，按照120学时的教学要求编写的。本教材主要适用于地质、采矿、冶金、热加工、材料等类专业；作适当增删后，也可适用于100~130学时的有关专业。

为适应各类专业的不同要求，本教材还编写了一些带有“*”号的选学内容。各章之后附有小结、思考题和习题，以期帮助读者总结收获，澄清概念和加强基本训练。习题的数量和类型已考虑了一定的选择范围和专业需要，不足之处可另作补充。

本教材采用国际单位制，同时也介绍了工程单位制及二者的换算关系。

为使用上的方便及适应不同专业的需要，本教材分为三册出版：上册为静力学，中册为材料力学，下册为运动学和动力学，并分别独立成章。各册之间有一定的配合，也有相对的独立性。根据不同的教学要求及安排，可采用本教材的全部或其中的某一册或两册；作少量内容调整后，也可先讲授上、下册，然后再讲授中册。

本教材在编写过程中，得到许多兄弟院校的帮助和支持。初稿完成后，于1978年10月由教育部委托召开了审稿会议。参加会议的有中南矿冶学院、重庆大学、昆明工学院、中国矿业学院、西安交通大学、西安冶金建筑学院、武汉地质学院、河北矿冶学院、鞍山钢铁学院和上海工业大学等十个院校，由中南矿冶学院和重庆大学主审。在此一并表示谢意。

参加本教材编写的有：北京钢铁学院纪炳炎（上册第一、二、三、四章），屈革（上册第五、六章，中册第二、三章），马安禧（中册第一、四、五、六章）；东北工学院于绶章（中册第七、八、

九章)，周康年（中册第十章），刘思汉（下册第一、二、五、六、七、九章），殷汝珍（下册第三、四、八、十章）；由刘思汉（上、下册）、马安禧（中册）主编。

限于编者水平，同时由于编写时间匆促，本教材必然存在不少缺点和错误。殷切希望读者批评指正。

编 者

1978年12月

责任编辑	胡春林
封面设计	刘晓翔
责任绘图	彭 红
版式设计	周顺银
责任校对	周顺银
责任印制	张泽业

目 录

静力学引言	1
第一章 静力学的基本概念 受力图	3
§ 1-1 力的概念	3
§ 1-2 刚体的概念	4
§ 1-3 静力学公理	5
§ 1-4 约束与约束反力	10
§ 1-5 物体的受力分析 受力图	16
小结	20
思考题	22
习题	25
第二章 平面汇交力系	29
§ 2-1 工程中的平面汇交力系问题	29
§ 2-2 平面汇交力系合成的几何法	30
§ 2-3 平面汇交力系平衡的几何条件	31
§ 2-4 平面汇交力系合成的解析法	35
§ 2-5 平面汇交力系平衡方程及其应用	39
小结	42
思考题	43
习题	45
第三章 力矩 平面力偶系	49
§ 3-1 力对点之矩	49
§ 3-2 力偶与力偶矩	51
§ 3-3 力偶的等效	53
§ 3-4 平面力偶系的合成与平衡	55
小结	59
思考题	60
习题	61

第四章 平面一般力系	64
§ 4-1 工程中的平面一般力系问题	64
§ 4-2 力线平移定理	65
§ 4-3 平面一般力系向一点简化 主矢与主矩	67
§ 4-4 简化结果的分析 合力矩定理	69
§ 4-5 平面一般力系的平衡条件与平衡方程	73
§ 4-6 平面平行力系的平衡方程	78
§ 4-7 静定与静不定问题	81
§ 4-8 物体系的平衡	82
*§ 4-9 桁架	90
小结	94
思考题	96
习题	100
第五章 摩擦	112
§ 5-1 工程中的摩擦问题	112
§ 5-2 滑动摩擦	112
§ 5-3 考虑摩擦时的平衡问题举例	115
§ 5-4 摩擦角与自锁现象	119
*§ 5-5 滚动摩擦的概念	124
小结	128
思考题	129
习题	130
第六章 空间力系 重心	136
§ 6-1 工程中的空间力系问题	136
§ 6-2 力在空间坐标轴上的投影	137
§ 6-3 力对轴之矩	138
§ 6-4 空间力系的平衡方程	142
*§ 6-5 重心的概念	150
*§ 6-6 重心坐标公式	151
*§ 6-7 物体重心的求法	155
小结	161

思考题	165
习题	166
附录 习题答案	172
第二章 平面汇交力系	172
第三章 力矩 平面力偶系	172
第四章 平面一般力系	173
第五章 摩擦	175
第六章 空间力系 重心	176

静力学引言

物体在空间的位置随时间的改变，称为机械运动。这是人们在日常生活和生产实践中最常见到的一种运动形式。静力学是研究物体机械运动的特殊情况——物体的平衡问题的科学。所谓物体的平衡，是指物体相对于地面保持静止或作匀速直线运动的状态。但是，在宇宙中没有绝对的平衡，“一切平衡都只是相对的和暂时的”。

若物体处于平衡状态，那么作用于物体上的一群力（称为力系）必须满足一定的条件，这些条件称为力系的平衡条件。平衡时的力系称为平衡力系。研究物体的平衡问题，实际上就是研究作用于物体上的力系的平衡条件，并应用这些条件解决工程实际问题。

在研究物体的平衡条件或计算工程实际问题时，须将一些比较复杂的力系进行简化，就是将一个复杂的力系简化为一个简单的力系，使其作用效应相同。这种简化力系的方法称为力系的简化。另一方面，力系简化的结果也是建立平衡条件的依据。因此，在静力学中研究下面两个基本问题：

- (1) 力系的简化；
- (2) 物体在力系作用下的平衡条件。

静力学是工程力学的基础部分，在工程技术中有着广泛的应用。例如桥式吊车（图 0-1），它是由桥架、吊钩和钢丝绳等构件所组成。为了保证吊车能正常地工作，设计时首先必须分析各构件所受的力，并根据平衡条件算出这些力的大小，然后才能进一步考虑选择什么样的材料，并设计构件的尺寸。

力在物体平衡时所表现出来的基本性质，也同样表现于物体作变速运动的情形中。在静力学里关于力的合成、分解与力系简

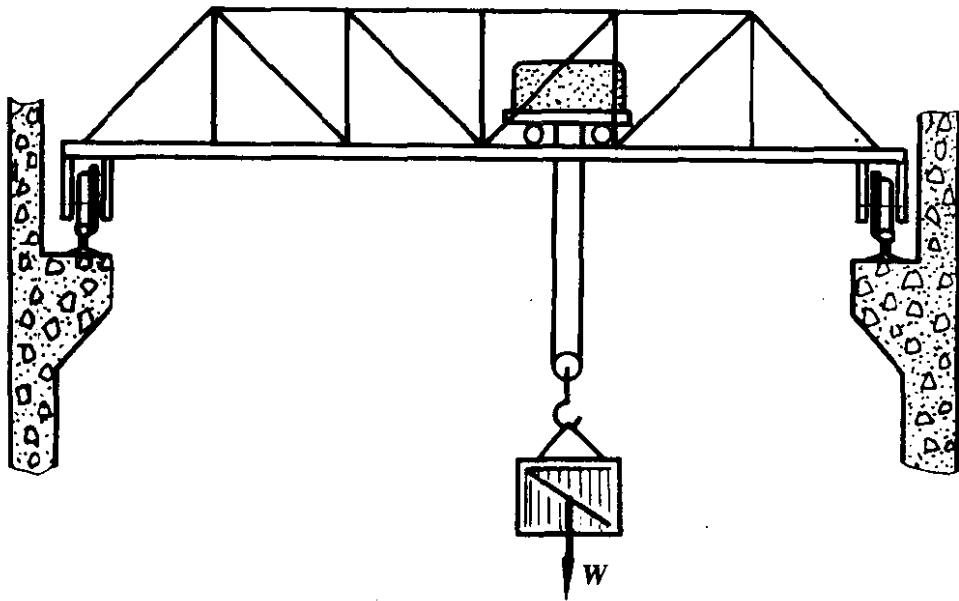


图 0-1

化的研究结果，可以直接应用于动力学。以后还将看到，动力学问题还可以化为具有静力学问题的形式来解。

由此可见，静力学是研究材料力学和动力学的基础，在工程中具有重要的实用意义。

第一章 静力学的基本概念

受力图

本章将介绍静力学中的一些基本概念和几个公理，这些概念和公理是静力学的基础。最后，介绍物体的受力分析和受力图。

§ 1-1 力的概念

力的概念是人们在生活和生产实践中，通过长期的观察和分析而形成起来的。例如：抬物体的时候，物体压在肩上，由于肌肉紧张而感受到力的作用；用手推小车，小车就由静止开始运动；受地球引力作用自高空落下的物体，速度越来越大；挑担时扁担发生弯曲；落锤锻压工件时，工件就产生变形，等等。人们就是从这样大量的实践中，从感性到理性，逐步地建立起力的概念。所以，力是物体间相互的机械作用，这种作用使物体的机械运动状态发生变化，或者使物体发生变形。

因此，力不能脱离物体而存在。力虽然看不见，但它的作用效应完全可以直接观察，或用仪器测量出来。人们也正是从力的作用效应来认识力本身的。正如恩格斯所深刻指出的：“力以它的表现来量度”。

力使物体的运动状态发生变化的效应，叫做力的外效应。而力使物体发生变形的效应，则叫做力的内效应。静力学只研究力的外效应，而材料力学将研究力的内效应。

由经验可知，力对于物体的作用效应，取决于力的大小、方向和作用点，通常称为力的三要素。当这三个要素中任何一个改变时，力的作用效应也就不同。

力是一个既有大小又有方向的量，因此，力是矢量。在力学

中，矢量可用一具有方向的线段来表示，如图 1-1 所示。用线段的起点表示拉力的作用点，用线段的终点表示压力的作用点；用线段的方位和箭头指向表示力的方向；用线段的长度（按一定的比例尺）表示力的大小。通过力的作用点沿力的方向的直线，称为力的作用线。本书中，力的矢量用黑斜体字母例如 F 表示，而力的大小则用普通字母 F 表示。

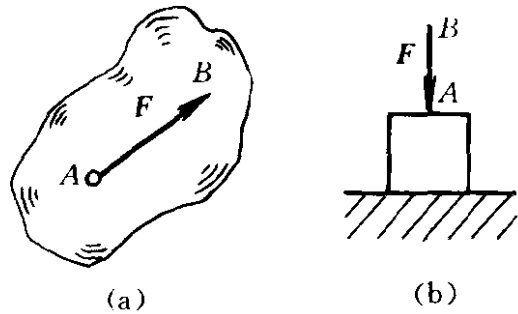


图 1-1

力的单位是 N 或 kN， $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ 。

§ 1-2 刚体的概念

任何物体在力的作用下，或多或少总要产生变形。而工程实际中构件的变形，通常都非常微小，在许多情形下，可以忽略不计。例如图 1-2 所示的桥式起重机，工作时由于起重物体与它自身

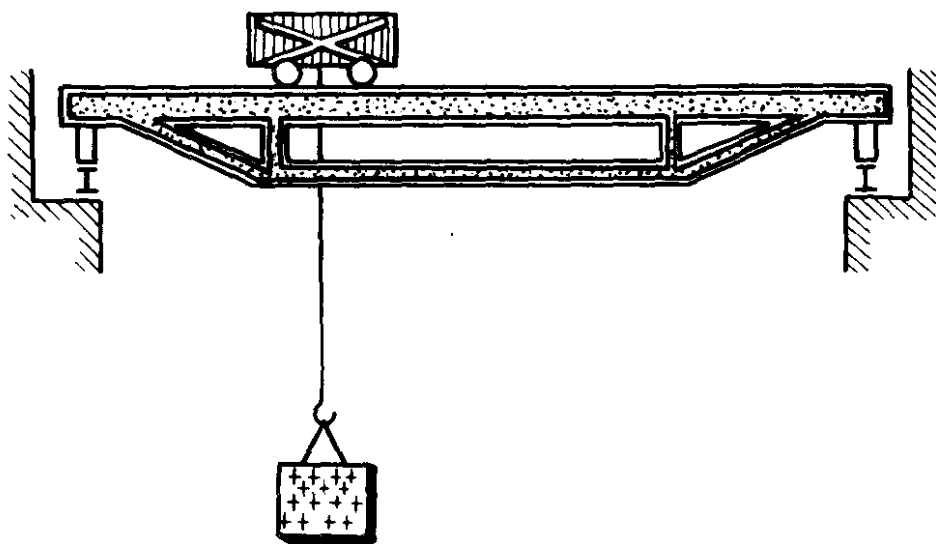


图 1-2

的重量，使桥架产生微小的变形。这个微小的变形对于应用平衡条件求支座反力，几乎毫无影响。因此，就可把起重机桥架看成是不变形的刚体。

刚体是指在任何情况下都不发生变形的物体。显然，这是一个抽象化的模型，实际上并不存在这样的物体。这种抽象化的方法，在研究问题时是非常必要的。因为只有忽略一些次要的、非本质的因素，才能充分揭露事物的本质。

将物体抽象为刚体是有条件的，这与所研究问题的性质有关。如果在所研究的问题中，物体的变形成为主要因素时，就不能再把物体看成是刚体，而要看成为变形体。

在静力学中，所研究的物体只限于刚体。因此，静力学又称刚体静力学。以后将会看到，当研究一切变形体的平衡问题时，都是以刚体静力学的理论为基础的，不过再加上某些补充条件而已。

§ 1-3 静力学公理

静力学公理是人们在长期的生活和生产实践中总结概括出来的。这些公理简单而明显，也无需证明而为大家所公认。它们是静力学的基础。

公理一 二力平衡公理 作用于刚体上的两个力平衡的必要和充分条件是：这两力大小相等，指向相反，并作用于同一直线上（图 1-3）。

这个公理揭示了作用于物体上最简单的力系平衡时，所必须满足的条件。对刚体来说，这个条件是必要与充分的；但是，对于变形体，这个条件是不充分的。例如图 1-4 所示，软绳受两个等值反向的拉力可以平衡，当受两个等值反向的压力时，就不能平衡了。

只在两个力作用下处于平衡的构件，称为二力构件（或二力杆）。工程上存在着许多二力构件。二力构件的受力特点是，两个