




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(第4版)

工程力学



材料力学



北京科技大学 编
东北大学



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工 程 力 学

材 料 力 学

(第4版)

北京科技大学 编
东北大学

高等教育出版社

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。自1997年出版以来,前三版教材,选材恰当,侧重基础部分,内容精练,深广度适当,难易适度,适应多层次教学要求。第4版教材在原有基础上,着重对有关理论和概念的研讨,对典型例题的剖析,增强分析问题的能力,以适应21世纪培养人才的要求。

本教材分静力学、运动学和动力学以及材料力学三个分册。静力学分册共六章,内容包括:静力学的基本概念及受力图、平面汇交力系,力矩及平面力偶系,平面一般力系,摩擦,空间力系及重心等。运动学和动力学分册共十一章,内容包括:点的运动,刚体的基本运动,点的合成运动,刚体的平面运动,质点的运动微分方程,刚体绕定轴的转动微分方程,动静法,动能定理,动量定理和动量矩定理,振动,虚位移法等。材料力学分册共十章,内容包括:轴向拉伸和压缩,剪切,扭转,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形及静不定梁,应力状态和强度理论,组合变形构件的强度,压杆的稳定,材料的力学性能等。

本书可作为高等学校冶金、材料、热加工、能源动力、地矿、仪器仪表、轻工纺织、食品化工、环境及各相关专业的教材,也可供独立学院、高职高专、成人高校师生及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学. 材料力学/北京科技大学, 东北大学编.
—4版. —北京:高等教育出版社, 2008. 1
ISBN 978-7-04-022675-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 182532 号

策划编辑 黄毅 责任编辑 葛心 封面设计 张志奇 责任绘图 朱静
版式设计 张岚 责任校对 朱惠芳 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 22.75
字 数 420 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1979年5月第1版
2008年1月第4版
印 次 2008年1月第1次印刷
定 价 26.20元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22675-00

第4版序

本教材第1版于1979年分三册出版,上册为静力学,中册为材料力学,下册为运动学和动力学。第2版于1987年出版,分为理论力学和材料力学两分册出版。第3版于1997年出版,分静力学、材料力学和运动学和动力学三册。

本书自1979年第1版出版以来,获得了众多院校师生的欢迎与厚爱。展望未来,在新形势下,国家加快教育的发展,在原有的基础上,本书还会有更广泛的更深远的发展前景!

本书第4版为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

为了使本书日臻完善,倍感此次修订的必要,但修订后的第4版仍具有原书的特色,如:由浅入深,由特殊到一般,循序渐进,简明扼要,易于接受等。在此基础上,对部分内容进行了如下修订:

1. 为了加强对基本理论和基本概念的理解,对书中文字叙述作了少量修改。

2. 为了提高学生分析问题与解决问题的能力,在某些例题及某些小结中,加强了题目类型的分析、解题方法步骤的分析等内容,并增删了少量的思考题与习题。

3. 根据最新修订的课程教学基本要求(B类),增加了部分内容,如:静力学分册增加了由空间力系简化建立平衡方程;材料力学分册增加了拉压杆斜截面上的应力和应力圆等;运动学和动力学分册增加了牵连运动为转动时的加速度合成定理、机械能守恒定律、相对质心动量矩定理和平面运动微分方程,作为专题部分,增加“虚位移法”一章。

4. 根据国家标准、量和单位的规定等,对书中的名词术语、量和单位的名称、字符及书写规则等,进行了全面修订。

本教材适用于高等学校冶金、材料、热加工、能源动力、地矿、仪器仪表、轻工纺织、食品化工、环境及相关专业的理论力学、材料力学以及工程力学等课程,也可供独立学院、高职高专、成人高校师生及有关工程技术人员参考。

为适应不同专业的需求,本书分为三册出版。即《工程力学(静力学)》、《工程力学(材料力学)》和《工程力学(运动学和动力学)》。各册之间既相互配合又相对独立,读者可按照需要选用。

参加第4版修订的有:北京科技大学纪炳炎(静力学分册第一章至第四章,材料力学分册第四章至第六章),屈革(静力学分册第五章至第六章,材料力学

分册第一章至第三章),东北大学周康年(材料力学分册第七章至第十章),殷汝珍和山东轻工学院刘思汉(共同修订运动学和动力学分册第一章至第十一章,由殷汝珍执笔)。

第4版承蒙北京航空航天大学谢传锋教授和大连理工大学郑芳怀教授审阅,提出了许多宝贵意见与建议,对此表示衷心的感谢。

本书自1979年出版后,受到广大读者的关怀,使本书得到不断改进,此次修订得到北京科技大学和东北大学等院校师生的支持与帮助,对此表示衷心的感谢。

本修订版恐仍有疏漏或欠妥之处,希望广大教师和读者批评指正。

编者

2007年8月

1997年修订版序

本书自第1版(1979年)出版以来,已有18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2版序

本教材是在北京钢铁学院与东北工学院合编的《工程力学》的基础上,参照一九八〇年审订的工程力学教学大纲(草案)中的材料力学部分修订而成的。

本书的第一版《工程力学》一书,出版于一九七九年,分上、中、下三册。上册为静力学,中册为材料力学,下册为运动学和动力学。为适应我国教育事业不断发展的需要和使用上的方便,根据一九八二年材料力学教材编委扩大会议和理论力学教材编委扩大会议的建议,现将《工程力学》修订为《材料力学》和《理论力学》(仍按静力学、运动学和动力学分上、下两册),分为两书出版。两本教材均按60学时的教学要求选取内容,适用于少学时类型的材料力学、理论力学或工程力学课程。两本教材仍可配合使用。

经修订后,本教材加强了对基本理论的阐述,增加了深度和广度,章节的安排作了较大的调整。在内容的选取上,本书在保证课程基本要求的同时,为适应不同专业的需要,便于因材施教和扩大学生的知识面,还增加了一些带“*”号的选学内容;一些章节的深广度也留有可调整的余地。以上可根据教学时数和专业要求,由教师灵活掌握;也可供学生深入自学之用。本书对思考题和习题也作了适当的增补,所收入的思考题,多为概念问题和方法问题,习题的类型和难度也有所增加。我们希望这本教材的第二版能对材料力学的教学起到一些有益的作用。

本教材适用于冶金、地质、热加工、材料、仪表等类专业;对深广度作适当调整后,也可适用于学时相近的有关专业。本书除作为高等学校教材外,也可供有关工程技术人员参考。

本书承材料力学教材编审委员干光瑜、单辉祖两位同志作了细致的审查,他们提出了不少修改意见,对本书质量的提高起了很大作用。许多兄弟院校对我们的修订工作给予了热情的帮助和支持。谨此一并致以衷心的感谢。

参加这次修订工作的仍为编写本书第一版的同志,有北京钢铁学院马安禧(第一、二、四、五、六章)、屈革(第三、七章)、东北工学院于绥章(第八、九、十二章)、周康年(第十、十一、十三章),仍由马安禧担任主编。

限于编者水平,本书必然存在不少缺点和错误,恳切希望广大教师和读者继续提出批评和指正。

编者

一九八五年七月

第 1 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

目 录

引言	1
第一章 轴向拉伸和压缩	5
§ 1-1 工程实际中的轴向拉伸和压缩问题	5
§ 1-2 轴向拉伸和压缩时的内力	7
§ 1-3 轴向拉伸和压缩时的应力	10
§ 1-4 轴向拉伸和压缩时的变形	14
§ 1-5 拉伸和压缩时材料的力学性能	17
§ 1-6 轴向拉伸和压缩时的强度计算	26
§ 1-7 拉伸和压缩静不定问题	32
§ 1-8 应力集中的概念	38
§ 1-9 应变能的概念	40
小结	43
思考题	44
习题	46
第二章 剪切	53
§ 2-1 工程实际中的剪切问题	53
§ 2-2 剪切的实用计算	54
小结	61
思考题	62
习题	63
第三章 扭转	66
§ 3-1 工程实际中的扭转问题	66
§ 3-2 扭转时的内力	67
§ 3-3 薄壁圆筒的扭转	71
§ 3-4 圆轴扭转时的应力和变形	73
§ 3-5 圆轴扭转时的强度和刚度计算	79
小结	84
思考题	85
习题	86
第四章 弯曲内力	91
§ 4-1 工程实际中的弯曲问题	91
§ 4-2 剪力和弯矩	93
§ 4-3 剪力图和弯矩图	97

§ 4-4 剪力、弯矩和分布载荷集度间的关系	107
小结	113
思考题	114
习题	118
第五章 弯曲应力	124
§ 5-1 梁弯曲时的正应力	124
§ 5-2 惯性矩的计算	130
§ 5-3 梁弯曲时的强度计算	135
§ 5-4 提高梁抗弯强度的措施	141
* § 5-5 塑性弯曲的概念	146
* § 5-6 梁弯曲时的切应力	148
小结	153
思考题	154
习题	157
第六章 弯曲变形 静不定梁	162
§ 6-1 工程实际中的弯曲变形问题	162
§ 6-2 梁的挠曲线近似微分方程	163
§ 6-3 用积分法求梁的变形	166
§ 6-4 用叠加法求梁的变形	171
§ 6-5 梁的刚度校核	177
§ 6-6 静不定梁	179
小结	184
思考题	186
习题	191
第七章 应力状态和强度理论	196
§ 7-1 应力状态的概念	196
§ 7-2 平面应力状态	198
§ 7-3 空间应力状态	209
§ 7-4 材料的破坏形式	212
§ 7-5 强度理论	214
小结	224
思考题	225
习题	228
第八章 组合变形构件的强度	232
§ 8-1 概述	232
§ 8-2 弯曲与拉伸(或压缩)的组合	233
§ 8-3 弯曲与扭转的组合	240
小结	245

思考题	246
习题	249
第九章 压杆的稳定	253
§ 9-1 压杆稳定的概念	253
§ 9-2 细长压杆的临界力	256
§ 9-3 欧拉公式的适用范围 中、小柔度杆的临界应力	261
§ 9-4 压杆的稳定计算	265
§ 9-5 提高压杆稳定性的措施	269
小结	271
思考题	272
习题	274
第十章 材料的力学性能	277
§ 10-1 高温下材料的力学性能	277
§ 10-2 冲击吸收功	281
§ 10-3 交变应力下材料的疲劳极限	284
§ 10-4 断裂韧度	294
§ 10-5 硬度	302
§ 10-6 提高和改善材料力学性能的途径	305
小结	309
思考题	311
附录一 型钢表	313
表 1 热轧等边角钢(GB 9787—1988)	313
表 2 热轧不等边角钢(GB 9788—1988)	320
表 3 热轧槽钢(GB 707—1988)	326
表 4 热轧工字钢(GB 706—1988)	329
附录二 习题答案	332
第一章 轴向拉伸和压缩	332
第二章 剪切	333
第三章 扭转	333
第四章 弯曲内力	334
第五章 弯曲应力	336
第六章 弯曲变形 静不定梁	337
第七章 应力状态和强度理论	338
第八章 组合变形构件的强度	339
第九章 压杆的稳定	339
附录三 索引	341

引 言

机器或结构物都是由若干构件组成的。在静力学中,根据力的平衡关系,已经解决了构件外力的计算问题。然而,在外力作用下,如何保证构件正常地工作,还有待进一步解决。

在工程实际中,常常遇到这样的情况:当构件受力过大时,会发生破坏而造成事故,或者构件在受力后产生过大的变形而影响机器或结构物的正常工作。例如,机器中常用的齿轮轴,有时会因载荷过大而断裂,造成机器停止运转,或者在受力后变形过大而影响齿轮间的正常啮合。这些情况在工程实际中都是不允许的。因此,为了保证机器或结构物正常地工作,要求每个构件都有足够的抵抗破坏的能力,也就是说,要求它们有足够的强度;同时也要求构件有足够的抵抗变形的能力,即要求它们有足够的刚度。除此以外,有时还会遇到这样的问题:例如一根受压的细长直杆,当沿杆轴方向的压力增大到一定数值时,杆就会由原来的直线状态突然变弯,这种突然改变其平衡状态的现象,称为丧失稳定,这也是工程实际中所不允许的。因此对这一类构件,还要求它们工作时能保持原有的平衡状态,即要求其有足够的稳定性。强度、刚度和稳定性,这是设计构件时所必须考虑的几个问题。

在设计一个构件时,除了要求构件能正常地工作外,同时还应考虑合理地使用和节约材料,即还要考虑经济方面的要求。一般来说,前者要求用较多或较好的材料;后者则要求少用材料或以贱代贵。二者常常是矛盾的。材料力学的主要任务就是为受力构件提供强度、刚度和稳定性计算的理论基础,从而为构件选用适当的材料,确定合理的形状和尺寸,以达到既经济又安全的要求。

工程中有时对某些构件也会提出相反的要求。例如,为保护主要部件而设置的安全装置,在超载时应首先破坏,从而避免主要部件受到损坏。又如为减轻冲击作用而安装的缓冲弹簧,则要求有较大的变形。这类问题,也需用材料力学所提供的理论基础来计算。

制造各种构件所采用的材料,虽然品种繁多,性质各异,但它们都有一个共同的特性,就是在外力作用下都会发生形状和尺寸的改变,即产生变形。在研究构件的强度、刚度等问题时,物体的变形是一个不可忽略的因素。因此,在材料力学中,将构成构件的材料皆视为可变形固体。

材料的物质结构和性质是比较复杂的,为了研究上的方便,必须忽略某些次要性质,只保留它们的主要属性,将其简化为一个理想化的模型。因此,对可变形固体又作了以下的基本假设:

1. 均匀连续假设

认为在整个体积内都毫无空隙地充满着物质,而且物体内任何部分的力学性能都是完全一样的。实际上,由物质结构上看,各种材料都是由无数颗粒(如金属中的晶粒)组成的,物质内部存在着不同程度的空隙,而且各颗粒的力学性能也不尽一致;但由于材料力学是由宏观的角度去研究构件的强度等问题,这些空隙远远小于构件的尺寸,而且各颗粒是错综复杂地排列于整个体积之内,因此,由统计平均的观点看,可以把材料看成是均匀连续的。采用这个假设,便可以从构件中取出无限小的部分来进行研究,然后将研究结果推广于整个构件;也可将由小尺寸试样在实验中测得的材料力学性能,一定程度地移用于尺寸不同的构件或无限小的部分中去。

2. 各向同性假设

认为材料沿各个不同方向的力学性能均相同。这个假设对许多材料来说是符合的,均匀的非晶体材料,一般都是各向同性的。对金属这类由晶体组成的材料,虽然每个晶粒的力学性能是有方向性的,但由于它的大小远小于构件的尺寸,而且其排列也是不规则的,因此各个方向的力学性能就趋于一致了。而木材、拉拔过的钢丝和轧制过的钢材等,则为非各向同性的材料。但在材料力学中,研究各向同性材料所得的结论,也可近似地用于上述一些具有方向性的材料。

还须指出,工程实际中构件受力后的变形一般都很小,它相对于构件的原有尺寸来说要小得多,因此在分析构件上力的平衡关系时,变形的影响可忽略不计,仍按构件的原有尺寸来进行计算。

在机器或结构中,构件的形式是多种多样的,但最常见最基本的形式是杆件。所谓杆件,就是纵向(长度方向)尺寸远大于横向(垂直于长度方向)尺寸的构件。例如,悬臂吊中的拉杆和横梁,机器中的齿轮轴,巷道支护中的立柱和顶梁、连接件中的销钉等,这些都是较典型的杆件。杆件是材料力学研究的主要对象。杆件的问题解决了,不仅解决了工程实际中大部分构件的问题,也为解决其他形式构件的问题提供了基础。例如,起重用的钢丝绳、桥式吊车的大梁、齿轮上的轮齿及轧钢机机架等构件和设备,都可以将其简化为一根杆件或杆件的组合物来处理。

构件在工作时的受力情况是各不相同的,受力后所产生的变形形式也随之而异。对于杆件来说,其受力后所产生的变形,有以下几种基本形式:

① **轴向拉伸和轴向压缩** 例如托架的拉杆和压杆受力后的变形(图0-1)。

② 剪切 例如连接件中的螺栓和销钉受力后的变形(图 0-2)。

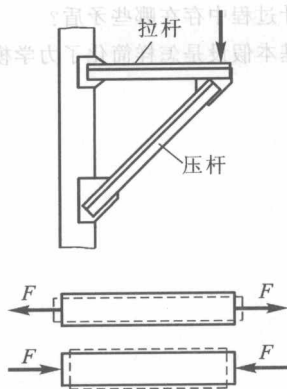


图 0-1

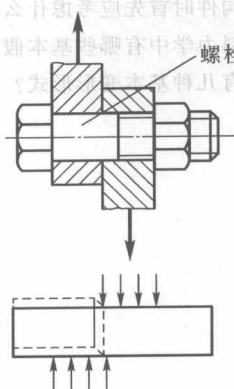


图 0-2

③ 扭转 例如机器中的传动轴受力后的变形(图 0-3)。

④ 弯曲 例如单梁吊车的横梁受力后的变形(图 0-4)。对于变形比较复杂的杆件,也不外乎这几种基本变形的组合。

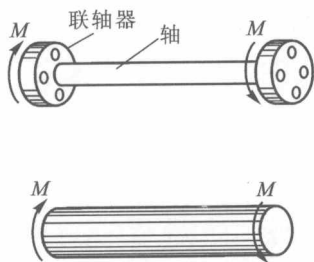


图 0-3

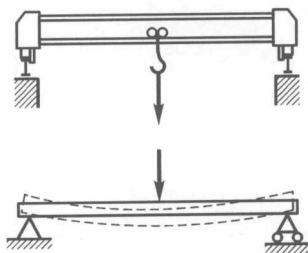


图 0-4

综上所述,材料力学所研究的问题是构件的强度、刚度和稳定性;构成构件的材料是可变形固体;对材料所作的基本假设是均匀连续性和各向同性假设;材料力学所研究的构件主要是杆件;杆件的几种基本变形形式是:拉伸(或压缩)、剪切、扭转和弯曲。

思考题

0-1 材料力学研究的主要问题是什么?

0-2 材料力学的强度、刚度、稳定性是如何定义的？强度与刚度有何区别？强度、刚度、稳定性在工程实际中有何意义？

0-3 设计构件时首先应考虑什么问题？设计过程中存在哪些矛盾？

0-4 在材料力学中有哪些基本假设？这些基本假设是怎样简化了力学模型？

0-5 杆件有几种基本变形形式？

第一章 轴向拉伸和压缩

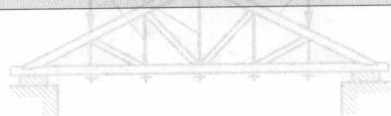
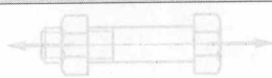


图 1-1



(d)

图 1-2

§ 1-1

工程实际中的轴向拉伸和压缩问题

在工程实际中,有很多轴向拉伸和压缩的构件。下面通过几个实例,说明这些构件的受力和变形特点。

厂矿中常用的悬臂吊,由拉杆和横梁等组成,各构件间用铰链连接,如图 1-1a 所示。其中,拉杆工作时受到 B 、 C 两端的拉力作用,这个拉力是通过销钉作用在销钉孔上的,如图 1-1b 所示。拉力在销钉孔处的分布情况,仅影响销钉孔附近的局部区域,对拉杆的主体来说,没有什么影响,可不加考虑;而其合力 F 则是影响拉杆强度的主要因素。因此可以将拉杆简化为如图 1-1c 所示的受力情况,杆受到一对拉力的作用,拉力 F 的作用线与杆的轴线重合。

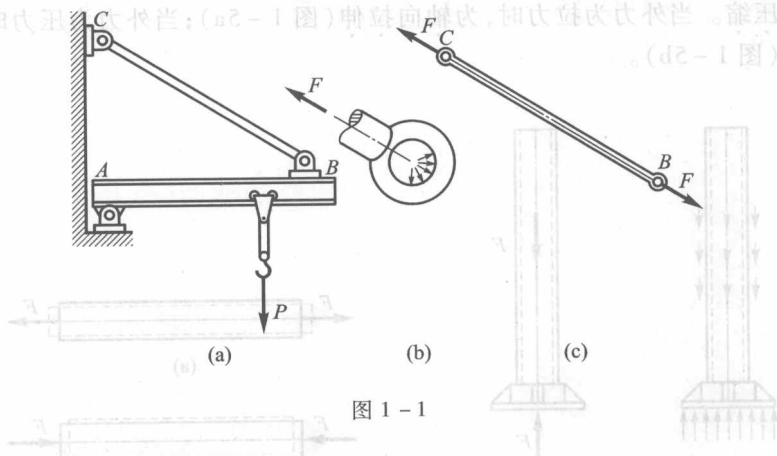


图 1-1

同样,吊运重物的钢丝绳,用于某些连接的螺钉(图 1-2)。桁架中的拉杆(图 1-3)等。它们都可以简化为这样的受力情况。这一类构件称为轴向拉伸构件。

又如汽车式起重机的支腿。支架给支腿的压力分布于支腿的螺纹上(图 1-4a),但由于其合力的作用线与支腿的轴线重合,因而在考虑支腿整体的强

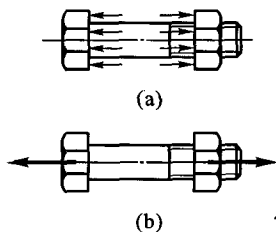


图 1-2

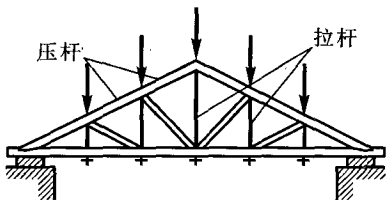


图 1-3

度时,可以将它简化为一个沿轴线方向的压力 F 。在支腿的下端,地面给支腿底座反作用力的合力,亦可视为与支腿的轴线相重合。因此可以将支腿简化为图 1-4b 所示的受力情况,其上受到一对沿轴线方向的压力作用。

此外如桁架中的压杆(图 1-3)等,它们的受力情况也都是这样。这一类构件称为轴向压缩构件。

综上所述,可以看出,工程实际中许多轴向拉伸或压缩的构件多为等截面直杆,它们受力的共同特点是:作用在杆上外力合力的作用线与杆的轴线相重合。如果撇开杆件的具体形式和外力作用的具体方式,把杆件及其受力情况加以简化,则可以概括出其典型的受力简图如图 1-5 所示。在这样的外力作用下,其主要的变形特点是:杆产生沿轴线方向的伸长或缩短,这种变形形式,称为轴向拉伸或压缩。当外力为拉力时,为轴向拉伸(图 1-5a);当外力为压力时,为轴向压缩(图 1-5b)。

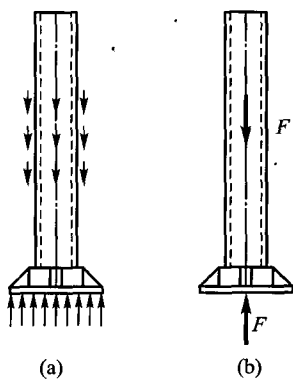


图 1-4

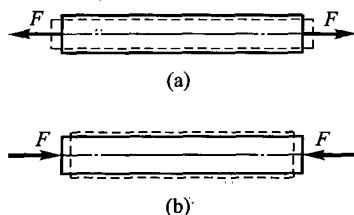


图 1-5

为了保证杆件安全地工作,对许多轴向拉伸和压缩的杆件,需要进行强度计