

中等专业学校教材

材料力学

夏经伦

辽宁科学技术出版社

414686

TB301/95

中等专业学校教材

材料力学

夏 经 伦



20000357



辽宁科学技术出版社



23461855

中等专业学校教材

材料力学

Cailiao Lixue

夏经伦

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)
辽宁省新华书店发行 朝阳新华印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: $17^{2/3}$ 字数: 378,000
1989年6月第1版 1989年6月第1次印刷

责任编辑: 刘绍山 责任校对: 李秀芝
封面设计: 邹君文

印数: 1—1,363

ISBN 7-5381-0474-7/TB·3 定价: 3.70元

前 言

本教材系按电子工业部的工科电子类专业教材1986~1990年编审出版规划,由电子机械类教材编审委员会专业基础课编审小组征稿、推荐出版,责任编委华壁。

本教材由北京无线电工业学校夏经伦担任主编,武汉无线电工业学校全沅生担任主审。

本课程的参考学时数为90学时,其主要内容为:绪论、拉伸与压缩、拉伸与压缩下材料的力学性质、剪切与挤压、平面图形的几何性质、扭转、直梁弯曲时的内力、弯曲应力、弯曲变形、应力状态(应力圆)与强度理论、组合变形、压杆稳定、动载荷与交变应力以及线弹性断裂力学简介等共十三章。这些都是一般中等技术人员必备的基本知识。

本教材着重于定性分析,适当地采用归纳小结、列表对比的方法说明问题。基本内容部分,着重用文字阐述并作必要的数学推导。对基本概念的叙述多采用通俗易懂、由浅入深、适当反复的方法并注意与实际应用相结合,以便学生阅读与自学。为提高学生分析与解决问题的能力,除在各章最后选有适当的思考题与练习题(皆附有答案)外,还有综合练习的大型作业题。书中注有*号者为选择内容与习题。

本教材采用法定计量单位,插图中的构件尺寸,凡用毫米为单位时一律不标出单位符号,附录中给出公制与国际单位制的换算表。

参加本教材审阅工作的还有济南机械工业学校凌锴、北京无线电工业学校王湘江、张呈祥、芦晓平等同志,他们都为本书提出了许多宝贵意见,这里表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1988年2月

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978年至1985年，已编审、出版了两轮教材，正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻“努力提高教材质量，逐步实现教材多样化，增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神，我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会，在总结前两轮教材工作的基础上，结合教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1986~1990年的“七五”（第三轮）教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿，是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处，希望使用教材的单位，广大教师和同学积极提出批评建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

目 录

绪 论	1
第一节 材料力学的任务与研究方法	1
第二节 变形固体及其基本假设	2
第三节 载荷的分类	3
第四节 内力与截面法	3
第五节 材料力学与其它课程的关系	4
第六节 构件的分类及其基本变形	4
第一章 拉伸与压缩	6
第一节 直杆的轴向拉伸与压缩	6
第二节 截面法的应用·轴力与轴力图	7
第三节 应力和许用应力	11
第四节 强度计算中的三类问题	13
第五节 轴向拉、压时斜截面上的应力分析	17
第六节 变形与应变·虎克定律与横向变形	19
*第七节 拉伸与压缩的静不定问题	22
思考题	25
练习题	27
第二章 拉伸与压缩下材料的力学性质	33
第一节 研究材料力学性质的目的	33
第二节 材料在拉伸时的力学性质	33
第三节 压缩试验	38
第四节 安全系数的选择·许用应力的确定	40
思考题	42
练习题	42
第三章 剪切与挤压	44
第一节 剪切概念与剪切实用计算	44
第二节 挤压概念与挤压实用计算	45
第三节 剪切强度极限的应用	49
第四节 剪应变·剪切虎克定律	51
思考题	52
练习题	53
第四章 平面图形的几何性质	53

第一节 静 矩	56
第二节 组合图形的静矩	57
第三节 惯性矩与惯性半径	61
第四节 惯性矩的平行移轴公式	63
思考题	65
练习题	65
第五章 扭 转	67
第一节 圆轴扭转的概念	67
第二节 外力偶矩的计算·扭矩图	68
第三节 圆轴扭转时的应力与变形	73
第四节 抗扭截面模量	77
第五节 圆轴扭转时的强度与刚度条件	78
第六节 矩形截面杆件的扭转简介	81
思考题	82
练习题	83
第六章 直梁弯曲时的内力	87
第一节 平面弯曲的概念	87
第二节 梁的简化·静定梁的基本形式	88
第三节 平面弯曲时梁横截面上的内力	91
第四节 剪力方程与弯矩方程·剪力图与弯矩图	93
第五节 载荷集度·剪力与弯矩间的微分关系	99
思考题	102
练习题	102
第七章 弯曲应力	108
第一节 纯弯曲时梁横截面上的正应力	108
第二节 弯曲正应力的强度条件	113
第三节 横力弯曲时的剪应力	119
第四节 尽量提高强度·合理使用材料	123
思考题	128
练习题	128
第八章 弯曲变形	137
第一节 梁变形在工程中的影响	137
第二节 梁的挠曲线近似微分方程	138
第三节 积分法求梁的变形	140
第四节 叠加法求梁的变形	143
第五节 梁的刚度条件	145
第六节 提高弯曲刚度的一些措施	146
* 第七节 简单超静定梁的解法	149
思考题	153
练习题	153
第九章 应力状态与强度理论	156

第一节	点的应力状态概念	150
第二节	二向应力状态分析·应力圆	157
第三节	广义虎克定律	165
第四节	强度理论的概念	166
第五节	几个常用的强度理论及其应用范围	167
思考题		175
练习题		176
第十章	组合变形	179
第一节	组合变形的概念	179
第二节	拉伸(压缩)与弯曲组合变形	181
第三节	扭转与弯曲组合变形	185
思考题		192
练习题		193
•大型作业	传动轴强度计算	196
第十一章	压杆稳定	198
第一节	压杆稳定的概念	198
第二节	欧拉公式及其应用范围	198
第三节	压杆的稳定校核	203
第四节	提高压杆稳定性的建议	207
思考题		210
练习题		211
第十二章	动载荷与交变应力	21
第一节	动载荷的概念	214
第二节	构件作等加速度运动时的应力计算	214
第三节	构件作等速定轴转动时的应力计算	217
第四节	交变应力的概念·“疲劳”破坏	218
第五节	材料的持久极限及其影响因素	222
•第六节	构件在交变应力下的强度计算	226
第七节	提高持久极限的建议	230
思考题		231
练习题		231
*第十三章	线弹性断裂力学简介	234
第一节	概述	234
第二节	应力强度因子的概念	235
第三节	断裂韧性 with 断裂判据	236
思考题		240
附录 I	常用图形的几何性质计算公式	241
附录 II	简单载荷作用下梁的转角与挠度	243
附录 III	型钢表	246
附录 IV	公制单位制与国际单位制换算表	260

绪 论

主要内容：材料力学的任务与研究方法，基本假设，内力与截面法以及基本变形。

第一节 材料力学的任务与研究方法

材料力学是研究构件的强度、刚度与稳定性三大问题的一门科学。

构件（或零件）是组成部件或机器的基本单元。机器在工作过程中，构件必然受到外力（载荷）的作用。例如，起重吊车的钢索受到拉伸；车床的传动丝杠受到轴向压缩；齿轮变速箱的传动轴受到弯曲与扭转作用等。为了保证机器能正常工作，首先要求构件在外力作用下不致破坏，不会产生太大的变形并保持一定的几何形状。例如，钢索在起重过程中，不允许被拉断；丝杠不允许超出规定范围的变形，而且还要保持丝杠轴线的平直，否则将影响被加工工件的精度；传动轴的变形过大，将影响齿轮啮合，使之不能正常运转等。

因此，工程中的构件，一般需要满足以下三个方面的要求。

一、足够的强度

要求构件受到外力作用后，不至破坏或产生永久变形。所谓强度是构件在外力作用下抵抗破坏的能力。

二、必要的刚度

由于构件并非刚体，当受到外力作用时必然会产生变形，但变形不应超出允许范围。所谓刚度是指构件在外力作用下抵抗变形的能力。

三、必要的稳定性

某些细长构件（例如，车床的传动丝杠，螺纹千斤顶等），当受到轴向力而压缩时，可能会失去直线平衡状态，即所谓丧失稳定。故要求这些构件在外力作用下，有维持其原有直线平衡状态的能力。这种能力称为稳定性。

上述三种要求可以用来衡量构件承担载荷的能力。但是，并非每个构件都要同时满足这三个要求，有些仅要求强度；有些同时要求保证强度与刚度；而某些构件则要求同时具备三种条件方能正常工作。这应根据构件所处的具体工作情况与重要性而定。本课程将分别予以讨论。

因此，材料力学的任务就是：根据对构件提出的要求，为构件选择适合的材料，决定合理的截面形状与尺寸，使构件具有足够的承载能力，而能安全地进行运转与工作。

在工程中,构件的安全与经济是相互矛盾的。为了安全,则应加大构件的截面尺寸或选用优质材料,这必然使构件重量增加,成本提高。反之则不能保证构件可靠地工作。这些矛盾,只有按照材料力学的理论来选择材料,设计构件尺寸,才能合理地得到解决。

研究材料力学也与研究其它科学一样,有实验、假设、理论分析与实验验证等过程。即实践—理论—再实践的过程。

首先,从材料实验中观察,根据观察到的表面现象,提出若干假设,将问题加以抽象,再进行理论分析。在分析过程中,常常利用静力平衡方程、变形的几何关系以及物理关系等条件进行推导。所得理论结果再经过实验证明,从而得到正确的结论。这就是研究材料力学的基本方法。

材料力学实验是学习材料力学课程的重要环节。从实验中,可以观察到材料的变形和破坏现象;能获得若干重要特性数据,用以研究材料的力学性质;还可以通过实验来验证理论分析结果的正确性等。

第二节 变形固体及其基本假设

制造构件的各种材料有一个共性就是变形,即构件在外力作用下必会发生形状与尺寸的改变。所谓刚体在自然界是不存在的,它只不过是方便地研究某些问题而假设的一个抽象概念而已。因此,在材料力学中,将材料视为可变形固体。但是,材料的结构与性质是比较复杂的,为了研究问题时的方便,忽略一些次要因素,而据其主要性质对可变形固体作出以下基本假设。

一、材料的均匀连续性假设

工程中使用较多的是金属材料,它们由无数个晶粒组成,因而金属内部存在着不同程度的空隙,且各晶格的性质也不尽相同。但由于空隙与构件的尺寸相比是微不足道的,又因为各晶粒的排列错综复杂,用宏观的观点去看,这些空隙的存在与性质的差异皆可略而不计。故可认为:材料在其整个体积内毫无空隙地充满物质,且任何部分的性质完全一样。

二、材料的各向同性假设

金属材料系由晶粒组成,沿晶粒的不同方向机械性质是不一样的。但由于材料包含着极多的晶粒,且排列又无规律,因此按统计平均的观点,在各个方向上的性质又相接近。故可认为:材料在各个方向上的机械性质是相同的。

在加工过程中形成纤维组织的金属,如轧制的钢材、拉拔过的钢丝等,应属非各向同性的材料。但是,材料力学中一些结论仍可以近似地应用于这些材料。

三、小变形假设

构件或材料在外力作用下会产生变形。经实验知,当外力不超过某一数值时,绝大多数材料在外力除去后即能恢复其原有的形状和尺寸,材料的这种性质称为弹性,这种

变形称为弹性变形。若外力大于某一数值时,则有一部分变形在外力解除后不会消失,材料的这种性质称为塑性,这种变形称为塑性变形(或称永久变形,残余变形)。构件的弹性变形有的很小,有的较大。材料力学主要研究小变形的情况。所谓小变形,就是假设构件的弹性变形与构件的原始尺寸相比很小。这一假设是与绝大多数构件的实际变形情况相符合的。这样,当讨论构件的平衡与运动时,就可以略去构件变形所引起的误差,而按原始尺寸进行分析计算。关于大变形的问題已超出本书的范围,故不予讨论。

上述假设适用于全部材料力学的研究。关于其它一些假设,在以后讨论各章节时再作介绍。

第三节 载荷的分类

构件受到的其它物体的作用力统称为外力,它包括载荷与约束反力。为了便于研究,将载荷作以下分类。

载荷随时间变化的情况,可分为静载荷和动载荷。

1. 静载荷——载荷缓慢地由零增加到某一定值后保持不变(或变化很小)。在这种载荷作用下,物体不产生加速度(或加速度很小)。

2. 动载荷——载荷随时间而变化(大小、方向)的称为动载荷,它可分为:

(1) 冲击载荷——物体的运动在瞬时内发生突然变化所引起的载荷,或物体的运动速度在极短时间内有很大改变所产生的载荷。

(2) 交变载荷——大小或方向随着时间作周期重复变化的载荷。

材料的性能由于载荷性质的不同而不同。因为,静载荷中的问题比较简单,且其理论和方法可作为解决动载荷问题的基础,所以材料力学主要研究静载荷对构件的作用。

第四节 内力与截面法

构件在未受外力作用前其中即有一种内力存在,正是由于这种内力,才使各质点之间保持着一定的相对位置,并使构件保持一定的外形。但是,这种内力不属于材料力学的研究范围。

当构件受到外力作用时,构件内部相邻各质点间的相对位置将要发生变化。因此,构件在原有的内力基础上产生了“附加内力”,它力图使各质点恢复其原来位置。材料力学中所研究的内力就是指这种“附加内力”。

显然,附加内力是由于外力对构件的作用而引起的。外力增大,附加内力也随之增大。但是,任何构件的附加内力的增加总有一定限度(其数值的大小决定于构件的材料、尺寸等因素),当外力超过附加内力的某一限度数值时,构件就要发生破坏。材料力学在研究构件的变形与破坏时,总要讨论附加内力与外力的关系以及附加内力的限度问题。由于本课程只讨论附加内力,故通常将附加内力简称为内力。

为了使构件受到外力作用后所产生的内力不超过一定限度,首先应研究如何求得内力。现以直杆受轴向拉伸为例。如图0—1(a)所示,等截面直杆受轴向力 F 作用而拉伸,

为了显示直杆横截面上的内力,可沿 $m-m$ (与直杆轴线垂直) 假想地将杆件切开并分为两部分,取左段〔见图0—1(b)〕进行研究。原杆件在拉力 F 的作用下处于平衡状态。因此,所取左段截面上除受有外力 F 作用外还必须有一个分布力系,其合力为 N ,该力即为横截面 $m-m$ 上的内力,它也是右段对左段的作用力。根据材料的连续性假设,这些内力在截面上是连续分布的。由静力学的平衡条件,得

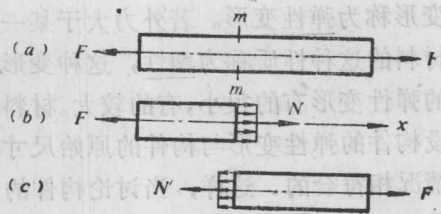


图0—1

$$\sum X = 0 \quad N - F = 0 \quad N = F$$

式中 N 为直杆任一横截面上的内力。由共线力系的平衡条件可知,内力 N 的作用线与直杆的轴线重合,即内力与横截面垂直并通过其形心,故常称内力为轴力。

同理,若取右段进行研究〔见图0—1(c)〕,可以得到

$$N' = F$$

所以,不论研究的是左段还是右段,求得的内力均数值相等、方向相反,这正符合作用与反作用原理。

上述求内力的方法称为截面法,它是求内力的基本方法。上述内容可归纳如下:

1. 在欲求内力的地方,用一截面将构件假想地切开并分成两部分;
2. 取其中任意一部分作为研究对象;
3. 以内力代替弃去部分对留下部分的作用;
4. 对研究部分根据平衡条件列出平衡方程式,即可求出该截面上的内力值。

这种基本方法,以后讨论构件其它形式的变形时仍将应用。

第五节 材料力学与其它课程的关系

材料力学是工科学校中一门很重要的基础技术课。它既要在数学、物理、理论力学等课程的基础上进行学习,又要为机械零件以及其它专业课程打基础,它是一门独立的课程,但又与其它课程不可分割。例如,具有一定的数学知识和运算与分析能力才能顺利解题;具有力学平衡的概念并能熟练地建立平衡方程式,才能得到正确的解答;有了材料力学的基本知识,就便于研究机械零件以及其它有关课程。

学习材料力学的研究方法,还有助于提高人们观察、分析、思维、判断与总结的能力。因此,应该重视对这门课程的学习。

第六节 构件的分类及其基本变形

构件的几何形状是复杂的,但一般可归纳为下列几种:

1. 杆——构件的长度 l 远远大于它的高度 h 和宽度 b , 或远大于其直径 d 的称为杆。轴线为直线的称为直杆, 曲的称为曲杆, 截面变化的称为变截面杆。通常, 用来传递转动、横截面为圆形的杆称为轴, 轴线为曲线的称为曲轴, 常用于蒸汽机与内燃机

中。

2. 板——构件的厚度尺寸 t 远远小于其它方面的尺寸（长度 l 、宽度 b 或半径 R ）的称为板，平面的称为平板，曲面的称为壳。

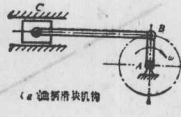
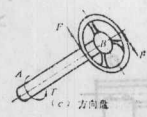
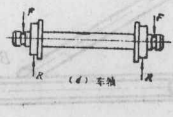
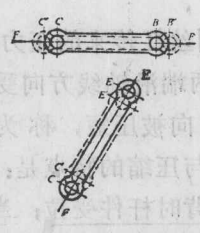
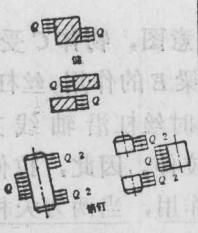
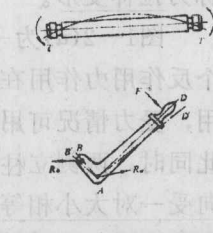
3. 块——构件的长度 l 、宽度 b 与高度 h 三个方面的尺寸相差不多的称为块体。

材料力学中的研究对象大部分是直杆，还研究少数其它形状的构件，余者皆在弹性力学等课程中讨论。

外力作用在杆件上则产生变形，由于外力的作用形式不同，所以杆件的变形也是多样的，但是最基本最简单的变形形式是：拉伸（压缩）、剪切、扭转与弯曲四种。

表0—1是简单变形的一些实例。在表中，构件变形的“工程实例”皆和“受力情况与简单变形”相对应。其它复杂变形的形式皆为简单变形的组合，将在第十章中讨论。

表 0—1 简单变形

变形形式	拉伸或压缩	剪 切	扭 转	弯 曲
工 程 实 例	 (a) 油例将块机构	 (b) 皮带轮与键联接	 (c) 方向盘	 (d) 车轴
受力情况与简单变形				

第一章 拉伸与压缩

主要内容：直杆的轴向拉伸与压缩，材料力学中的一些基本概念，截面法的应用，拉（压）中的强度问题以及虎克定律。

第一节 直杆的轴向拉伸与压缩

图1—1(a)为一简单悬臂式吊车工作示意图，当重物 G 被吊起时，杆 AB 将沿轴线方

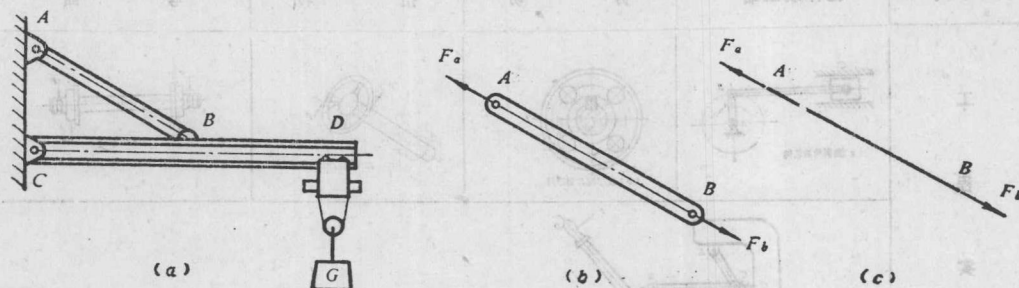


图1—1

向受到一对拉力 F 的作用，可用图1—1(b)或1—1(c)表示。此时 AB 杆沿轴线方向被拉长，称为拉伸变形。

图1—2(a)为一手动压力机工作示意图，物体 C 受到丝杠传来的压力，同时又产生一个反作用力作用在丝杠 BB 上。由于横梁 E 的作用，丝杠两端沿轴线方向受有一对压力作用，受力情况可用图1—2(b)表示。此时丝杠沿轴线方向被压短，称为压缩变形。与此同时，两侧立柱皆受到拉力作用而拉伸。因此，拉伸与压缩的特点是：直杆沿轴线方向受一对大小相等、方向相反的力的作用，当两力矢相背时杆件受拉；当两力矢相对时杆件受压。变形的特点是：拉伸时杆件伸长；压缩时杆件缩短。

应该注意的是，理论力学中的“力的可传性原理”在材料力学中已不再适用。例如，图1—1(a)中悬臂吊车起重部分的受力情况如图1—3(a)所示。取部分钢索研究并画受力图〔见图1—3(b)〕。若应用力的可传性原理，则可将受力图画成图1—3(c)的形式，这显然是不允许的。因为钢索是柔体，它不能承受压力作用。

即使上例中不是钢索而是一根直杆，该原理仍不能应用。因为，受拉伸作用的杆件如果应用了力的可传性将变为受压缩作用。这样不但使问题变得混淆不清，而且也无法解释材料的真正破坏原因。造成上述差别的根本原因就在于理论力学中视物体为“刚体”，而在材料力学中视构件为“变形固体”。

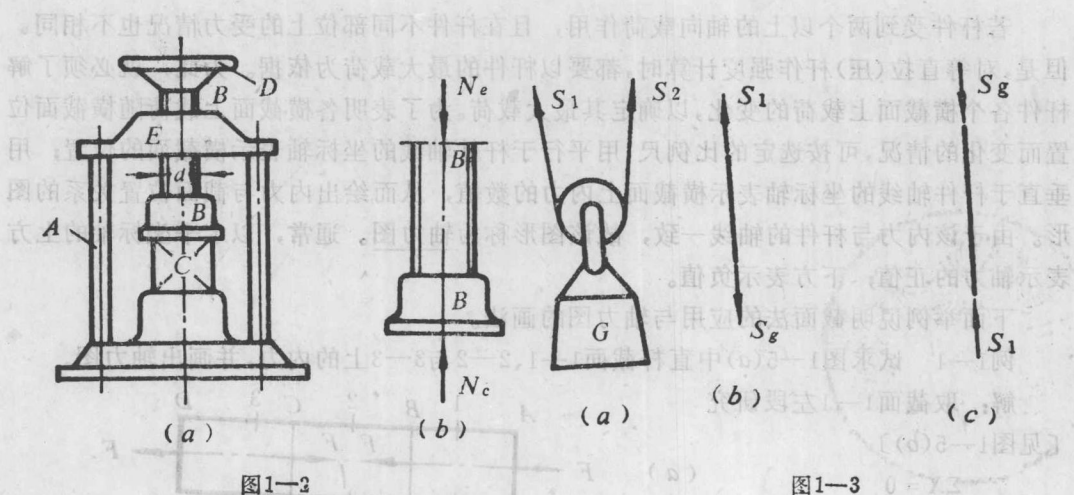


图1—3

图1—3

第二节 截面法的应用·轴力与轴力图

在绪言第四节中已讨论过用截面法求内力的方法与原则。现以图1—1(a)中的AB杆为例来说明截面法的应用。图1—4(a)是AB杆的受力图（AB杆的重量略而不计）。用截面m—m假想地将拉杆AB分为两部分，现研究上段〔见图1—4(b)〕并加内力N使其

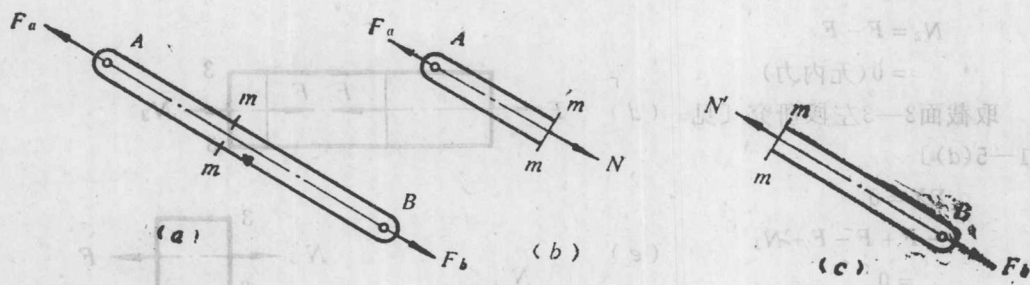


图1—4

保持平衡，故得内力

$$N = F_a$$

同理，若取下段研究〔见图1—4(c)〕，可得内力

$$N' = F_b$$

由于拉杆AB是二力杆，故

$$F_a = F_b, \quad N = N'$$

内力N与N'是一对作用与反作用力。

内力正负号的规定：若杆件变形是纵向伸长（或力矢离开截面）规定为正，称为拉力；若是纵向缩短（或力矢指向截面）规定为负，称为压力。

若杆件受到两个以上的轴向载荷作用，且在杆件不同部位上的受力情况也不相同。但是，对等直拉(压)杆作强度计算时，都要以杆件的最大载荷为依据。为此，就必须了解杆件各个横截面上载荷的变化，以确定其最大载荷。为了表明各横截面上载荷随横截面位置而变化的情况，可按选定的比例尺，用平行于杆件轴线的坐标轴表示横截面的位置；用垂直于杆件轴线的坐标轴表示横截面上内力的数值，从而绘出内力与截面位置关系的图形。由于该内力与杆件的轴线一致，故该图形称为轴力图。通常，以水平坐标轴的上方表示轴力的正值，下方表示负值。

下面举例说明截面法的应用与轴力图的画法。

例1—1 试求图1—5(a)中直杆截面1—1、2—2与3—3上的内力，并画出轴力图。

解：取截面1—1左段研究

〔见图1—5(b)〕

$$\Sigma X = 0$$

$$-F + N_1$$

$$= 0$$

$$N_1 = F \text{ (拉力)}$$

取截面2—2左段研究〔见

图1—5(c)〕

$$\Sigma X = 0$$

$$-F + F + N_2$$

$$= 0$$

$$N_2 = F - F$$

$$= 0 \text{ (无内力)}$$

取截面3—3左段研究〔见

图1—5(d)〕

$$\Sigma X = 0$$

$$-F + F - F + N_3$$

$$= 0$$

$$N_3 = F - F + F$$

$$= F \text{ (拉力)}$$

若再取截面3—3右段研究

〔见图1—5(e)〕

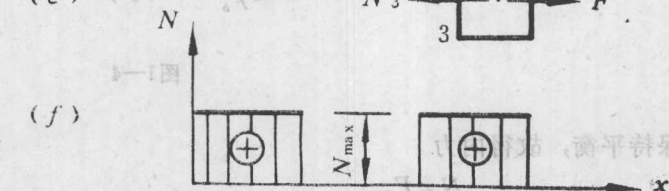
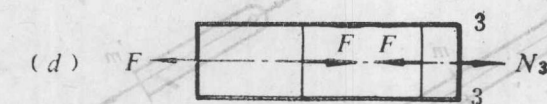
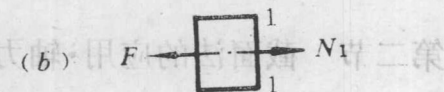
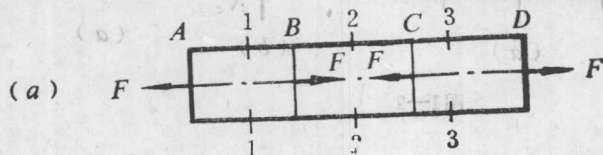
$$\Sigma X = 0$$

$$-N'_3 + F = 0 \quad N'_3 = F \text{ (拉力)}$$

结果与取截面左段相同。

按轴力图规则画轴力图如图1—5(f)所示。 $N_{\max} = F$ (拉力)，在AB段和CD段。

例1—2 一阶梯形直杆受力如图1—6(a)所示。试求截面1—1、2—2、3—3的内力并画出轴力图。



解：求截面1—1的内力
〔见图1—6(b)〕

$$\Sigma X = 0$$

$$N_1 = 0 \text{ (无内力)}$$

求截面2—2的内力〔见图1—6(c)〕

$$\Sigma X = 0$$

$$-4F + N_2 = 0$$

$$N_2 = 4F \text{ (拉力)}$$

求截面3—3的内力〔见图1—6(d)〕

$$\Sigma X = 0$$

$$-4F + F + N_3 = 0$$

$$N_3 = 3F \text{ (拉力)}$$

若取截面3—3的右段求内力〔见图1—6(e)〕, 则

$$\Sigma X = 0 \quad -N'_3 = ?$$

(求不出 N'_3)

出现这种现象是因为, 解题时没有先求出固定端的支座反力。遇到这种类型的题目时, 一种解法是避开未知的支座反力。例如, 取截面3—3的左段研究而不取右段。另一种解法是, 首先求出固定端的支座反力, 然后按截面法解题。

接上题, 解除约束, 求固定端支座反力〔见图1—6(f)〕

$$\Sigma X = 0 \quad -4F + F + R = 0$$

$$R = 3F$$

取截面3—3右段求内力〔见图1—6(g)〕

$$\Sigma X = 0 \quad -N'_3 + R = 0 \quad N'_3 = R = 3F \text{ (拉力, 与截面3—3左段上的内力相同)}$$

画轴力图。如图1—6(h)所示, $N_{\max} = N_2 = 4F$ (拉力), 在BC段。

例1—3 左端固定的等直杆, 受外力作用如图1—7(a)所示。已知: $F_1 = 20\text{kN}$, $F_2 = 30\text{kN}$, $F_3 = 40\text{kN}$, 试求截面1—1, 2—2和3—3的内力并画出轴力图。

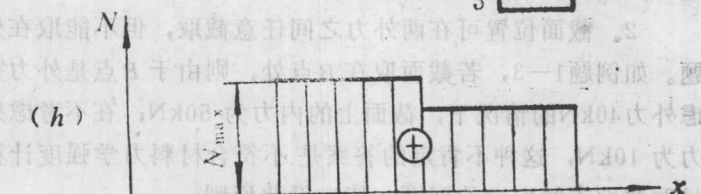
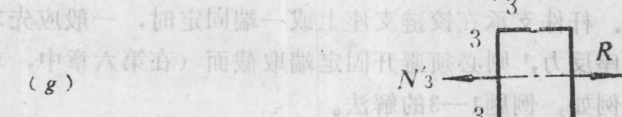
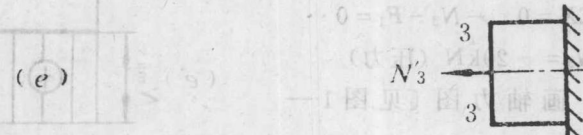
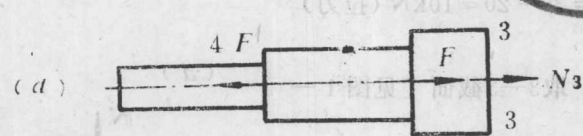
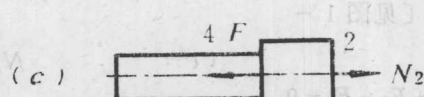
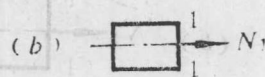
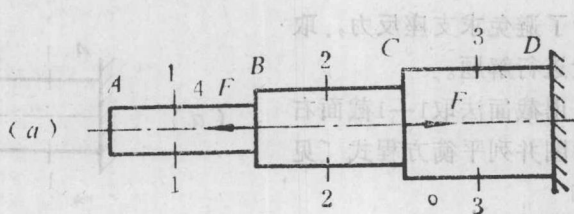


图1—6

