

971646

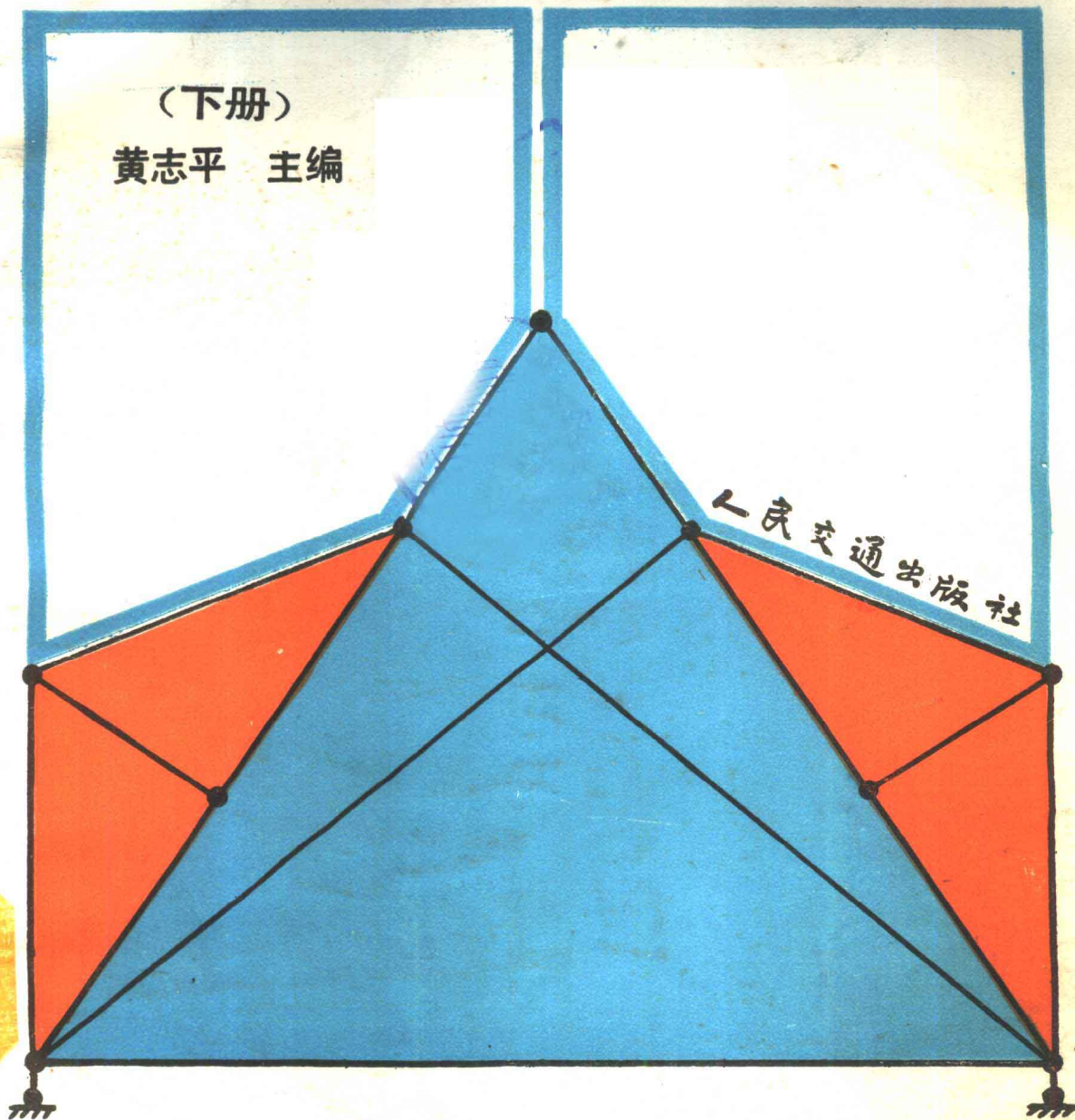
TB12
4411
2

工
版社
20

工程力学

(下册)
黄志平 主编

人民交通出版社



Gongcheng Lixue

工 程 力 学

(下 册)

黄 志 平 编

人 民 交 通 出 版 社

(京)新登字 091 号

工程力学(下册)

黄志平 编

插图设计: 汪 萍 正文设计: 崔凤莲 责任校对: 刘素燕

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

新华社 印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 13 字数: 320 千

1993年11月 第1版

1993年11月 第1版 第1次印刷

印数: 0001 - 7000册 定价: 8.70元

ISBN 7-114-01691-3

TU · 00035

内 容 提 要

本书分上下册。上册为静力学部分,下册为材料力学部分。上册共八章,主要阐述静力学公理、物体的受力分析、平面汇交力系、力偶和力矩、平面一般力系、摩擦、空间力系以及重心等方面的基础内容。下册共十章,主要阐述轴向拉伸和压缩、剪切、扭转、截面的几何性质、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力状态和强度理论、组合变形杆件的强度、压杆稳定等内容。

本书为交通系统电视中专教材,也可供土建工程系统技工、干部自学或培训班使用,也可供其它类型中专相同或相近专业教学使用。

目 录

绪论	1
第一章 轴向拉伸和压缩	4
§ 1-1 轴向拉(压)时横截面上的内力	4
复习思考题 1-1	7
习题 1-1	8
§ 1-2 轴向拉(压)时横截面上的应力	9
§ 1-3 拉(压)杆的变形、虎克定律	11
复习思考题 1-2	14
习题 1-2	14
§ 1-4 材料在拉伸和压缩时的力学性质	15
复习思考题 1-3	21
习题 1-3	21
§ 1-5 强度条件及其应用	21
复习思考题 1-4	26
习题 1-4	26
§ 1-6 拉(压)超静定问题	27
复习思考题 1-5	31
习题 1-5	31
§ 1-7 薄壁容器的应力计算	31
§ 1-8 应力集中现象	32
复习思考题 1-6	34
习题 1-6	34
学习指导	34
第二章 剪切	36
§ 2-1 剪切和挤压的实用计算	36
复习思考题 2-1	41
习题 2-1	42
§ 2-2 榫接的计算	43
§ 2-3 焊接的计算	44
复习思考题 2-2	46
习题 2-2	46
学习指导	47
第三章 扭转	48
§ 3-1 圆轴扭转时的内力	48

§ 3-2 薄壁圆筒的扭转试验、剪切虎克定律	51
复习思考题 3-1	53
习题 3-1	53
§ 3-3 圆轴扭转时的应力和变形	53
§ 3-4 圆轴扭转时的强度和刚度计算	56
复习思考题 3-2	58
习题 3-2	58
学习指导	59
第四章 截面的几何性质	61
§ 4-1 静矩和形心	61
§ 4-2 惯性矩、惯性积、极惯性矩	63
复习思考题 4-1	67
习题 4-1	67
§ 4-3 平行轴定理、组合截面惯性矩的计算	67
§ 4-4 主惯性轴、主惯性矩	69
复习思考题 4-2	70
习题 4-2	70
学习指导	71
第五章 弯曲内力	73
§ 5-1 平面弯曲、简单梁	73
§ 5-2 弯曲时的内力	74
复习思考题 5-1	79
习题 5-1	80
§ 5-3 剪力图和弯矩图	80
复习思考题 5-2	86
习题 5-2	87
§ 5-4 弯矩、剪力与分布荷载集度之间的微分关系	87
§ 5-5 作弯矩图的叠加法	92
复习思考题 5-3	94
习题 5-3	94
习题课 简捷法绘制剪力图和弯矩图	95
复习思考题 5-4	99
习题 5-4	99
学习指导	100
第六章 弯曲应力	102
§ 6-1 梁弯曲时的正应力	102
复习思考题 6-1	107
习题 6-1	107
§ 6-2 弯曲正应力的强度计算	108
复习思考题 6-2	112

习题 6-2	113
§ 6-3 提高梁抗弯能力的途径	113
复习思考题 6-3	118
习题 6-3	119
§ 6-4 梁弯曲时的剪应力	119
复习思考题 6-4	124
习题 6-4	124
学习指导	125
第七章 弯曲变形	127
§ 7-1 梁的挠度与转角	127
§ 7-2 挠曲线近似微分方程	128
§ 7-3 积分法计算梁的变形	129
复习思考题 7-1	132
习题 7-1	132
§ 7-4 用叠加法计算梁的变形	132
§ 7-5 梁的刚度校核及提高弯曲刚度的措施	135
§ 7-6 超静定梁	137
复习思考题 7-2	139
习题 7-2	139
学习指导	140
第八章 应力状态和强度理论	141
§ 8-1 应力状态的概念	141
§ 8-2 用解析法求二向应力状态斜截面上的应力	142
复习思考题 8-1	145
习题 8-1	145
§ 8-3 用图解法求二向应力状态斜截面上的应力	146
§ 8-4 二向应力状态的主应力	148
复习思考题 8-2	151
习题 8-2	151
§ 8-5 梁的主应力及主应力迹线	151
§ 8-6 三向应力状态的最大剪应力、广义虎克定律	155
复习思考题 8-3	157
习题 8-3	157
§ 8-7 强度理论	157
复习思考题 8-4	163
习题 8-4	163
学习指导	163
第九章 组合变形杆件的强度	166
§ 9-1 组合变形的概念及计算原理	166
§ 9-2 斜弯曲	167

复习思考题 9-1.....	171
习题 9-1.....	171
§ 9-3 偏心压缩或拉伸	172
复习思考题 9-2.....	177
习题 9-2.....	177
学习指导	178
第十章 压杆稳定	180
§ 10-1 压杆稳定的概念	180
§ 10-2 临界压力的确定	182
复习思考题 10-1	186
习题 10-1	186
§ 10-3 压杆的稳定计算、折减系数	186
§ 10-4 提高压杆稳定性的措施	190
复习思考题 10-2	191
习题 10-2	192
学习指导	192
附录 I 动荷应力与交变应力	194
附录 I-1 动荷应力.....	194
附录 I-2 交变应力.....	196
附录 II 热轧普通工字钢(GB706-65)规格表	199

结 论

(一) 材料力学的任务

桥梁、房屋等建筑物和各种机械一般都由若干构件组合联结而成。构件又称为零件。在静力学里,通过研究力系的平衡条件,我们已经讨论了作用于构件上的未知外力(约束反力)的计算问题。但是,在外力作用下,如何保证构件能够安全可靠地工作,尚需进一步研究。

工程实际中,有时可以看到这样的情形:当构件所受外力过大时,会发生破坏而造成事故;或者在受力后产生太大的变形而影响建筑物或机械的正常使用。例如桥梁中的梁或拱,有时会因过载而断裂;房屋中的梁受力后因弯曲过大而造成粉刷开裂、脱落,这些情况对工程来说原来都是不允许发生的。

为了保证建筑物或机械能够安全正常地使用,就应要求每一个构件都有足够的抵抗破坏的能力,即要求它们具有足够的强度(构件抵抗破坏的能力称为强度);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(构件抵抗变形的能力称为刚度)。除此以外,有些构件在荷载作用下,还会出现不能保持其原有平衡形态的现象。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,若受到微小的干扰,杆就会由原来的直线形态突然变弯甚至折断,失去工作能力,这种现象称为丧失稳定。桁架中的受压杆件,建筑物中的承重柱等,都有可能产生这种现象,这也是工程实际所不允许的。因此,对这一类构件,还要求它们工作时能保持原有的平衡形态,即要求其有足够的稳定性(构件保持原有平衡形态的能力称为稳定性)。强度、刚度和稳定性,这是设计构件时所必须考虑的三个问题。

不同的构件对强度、刚度和稳定性三方面的要求有所不同,但都必须首先满足强度要求。因此,强度问题是构件设计中最基本的问题,强度计算是材料力学中最基本的课题。构件满足强度、刚度和稳定性要求的能力,统称为构件的承载能力。

一个合理的构件设计,不但应该满足强度、刚度和稳定性的要求以保证其安全可靠,还应该符合经济原则。一般说来,前者往往要求构件具有较大的截面尺寸或选用较好的材料,后者则要求减少材料用量或采用较廉价的材料,两者是相互矛盾的。材料力学的任务,就是为受力构件提供强度、刚度和稳定性计算的理论基础和科学方法,从而能为构件选用适当的材料,确定合理的截面形状和尺寸,以达到既安全又经济的要求。

构件的强度、刚度、稳定性与材料的力学性能有关,而材料的力学性能需要通过实验来测定。此外,工程中单靠理论分析尚难解决的复杂问题,也需依靠实验来解决。因此,实验在材料力学中占有十分重要的地位。

(二) 材料力学的研究对象

在工程实际中,构件的几何形状是多种多样的,但最常见、最基本的一种构件是杆件。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。如图 0-1a 所示的构件,当 $l \gg d$ 时,这种构件即为杆件。工程结构中的梁、柱,机械中的传动轴等,都是杆件

的例子。杆件是材料力学的研究对象。

杆件的主要几何特征有两个,即横截面和轴线。横截面是指与杆长度方向垂直的截面,而轴线则为所有横截面形心的连线。横截面与轴线是互相垂直的。按杆轴线的曲直,杆件可分为直杆(图 0-1a)和曲杆(图 0-1b)。按各横截面形状和大小沿杆长是否变化,杆件又可分为等截面杆(图 0-1a)和变截面杆(图 0-1b)。轴线为直线,且各横截面的形状和尺寸完全相同的杆,称为等直杆。由于它在工程实际中应用最为广泛,所以材料力学主要研究的是等直杆(等截面直杆)。

綜前所述:材料力学是一门研究杆件(主要是等直杆)的强度、刚度和稳定性的学科。

除杆件外,材料力学还研究简单的壳体,如图 0-2 所示的薄壁圆筒(筒壁厚度 δ 远小于直

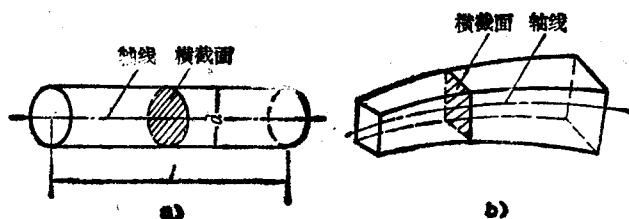


图 0-1

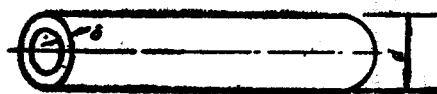


图 0-2

径 δ), 其他如锅炉的筒体、液压缸的缸体等都是圆筒形壳体的实例。

(二) 可变形固体及其基本假设

在静力学里,我们把物体都看成绝对不变形的刚体,在材料力学中却不能这样。制作各种构件的材料,虽然品种繁多,性质各异,但它们都有一个共同的特点,就是在外力作用下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,因此在材料力学里要把组成构件的材料看成可变形固体。

材料的物质结构和性质非常复杂,为了便于研究,就需要略去材料的次要性质,并根据其主要属性作出合理的假设,将真实材料简化为一种理想化的模型,作为理论分析的基础。在材料力学中,对于可变形固体,通常作以下两个基本假设:

1. 均匀连续假设

此假设认为,物体的整个几何形体内都毫无空隙地充满着物质,而且其各点处的力学性质(主要是弹性性质)完全相同。

这一假设对于钢、铜等金属材料是相当符合的,而对于木材、混凝土、砖石等材料则稍差。有了这个假设,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性质,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

此假设认为,材料在各个方向所表现的力学性质均相同。

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。对于金属等这些由晶体组成的材料,因晶粒尺寸远小于构件的尺寸,且排列不规则,所以也可当作各向同性材料。木材、压延钢材等则是各向异性材料,但在材料力学中研究各向同性材料所得到的结论,也近似地应用于它们。

大多数变形固体具有在外力作用下变形,但在除去外力后又能立即恢复其原有形状和尺

寸的本领。我们把变形固体的这种基本性质,称为**弹性**;把具有这种弹性性质的变形固体,称为**完全弹性体**。若变形固体的变形在除去外力后只能部分消失,这样的固体称为**部分弹性体**。部分弹性体的变形可分为两部分,一部分是随着外力除去而消失的变形,称为**弹性变形**;另一部分是在外力除去后仍不能消失的变形,称为**塑性变形**(残余变形或永久变形)。

严格地说,自然界中并没有完全弹性体,一般的变形固体在外力作用下,总会是既有弹性变形又有塑性变形。不过,实践经验指出,象金属、木材等常用建筑材料,当所受的外力不超过某一范围(弹性范围)时,可看成是完全弹性的。材料力学假定所研究的构件处于弹性范围之内。

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。相反地,如果构件受力后的变形很大,其影响不可忽略时,则须按构件变形后的尺寸来计算。前者称为**小变形问题**,后者称为**大变形问题**。材料力学只研究小变形问题。

综上所述:在材料力学中,将组成构件的材料看作为均匀连续和各向同性的可变形固体,且通常只研究在弹性范围内的小变形问题。

(四) 杆件变形的基本形式

杆件在工作时的受力情况各不相同,受力后产生的变形也各异。但实践证明,杆件受力后产生的变形可归纳为以下四种基本形式:

1. 轴向拉伸或压缩(图 0-3a、b)

在一对方向相反、作用线与杆轴线重合的拉力或压力作用下,杆件产生伸长或缩短,例如桁架中的杆件、起重机的钢丝绳等的变形。

2. 剪切(图 0-3c)

在一对相距很近、垂直于杆轴、方向相反的外力作用下,杆件在两力间的各横截面沿外力方向产生错动。例如作为连接件的铆钉、螺栓等的变形。

3. 扭转(图 0-3d)

在一对方向相反、作用平面与杆轴线垂直的力偶作用下,杆的任意两横截面发生相对转动。例如机器中传动轴等的变形。

4. 弯曲(图 0-3e)

在一对方向相反、位于杆的纵向平面内的力偶作用下,杆的轴线由直线弯曲成曲线。例如梁的变形。

工程实际中的杆件,可能同时承受不同形式的外力而发生复杂变形,但都可以看作是上述基本变形的组合。两种或两种以上基本变形组成的复杂变形,称为**组合变形**。

在以后各章中,将先分别讨论杆件的各种基本变形,然后再讨论组合变形的问题。

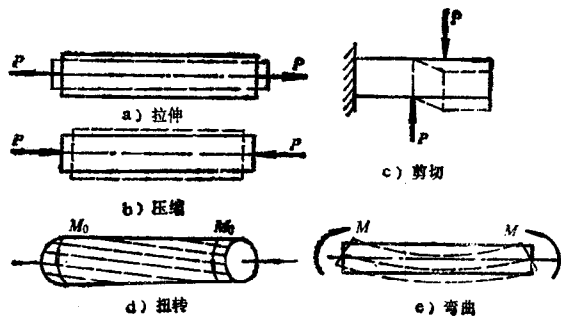
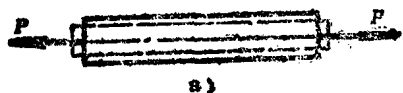


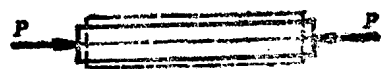
图 0-3

第一章 轴向拉伸和压缩

在工程实际中,有很多因外力作用而产生轴向拉伸或压缩的杆件,例如桁架中的杆件、内燃机的连杆、吊运重物的钢丝绳等。这些杆件在受力方面的共同特点是:作用在杆件上的两个力大小相等、方向相反,且作用线与杆的轴线重合。



a)



b)

图 1-1

而它们的变形特点是:杆件产生沿轴线方向的伸长或缩短。当外力为拉力时,为轴向拉伸(图 1-1 a);当外力为压力时,为轴向压缩(图 1-1 b)。

为了保证杆件安全地工作,对许多轴向拉压杆要进行强度计算,有些杆件还需要考虑刚度方面的要求。由于在工程实际中提出的问题大多是强度问题,故本章主要讨论轴向拉压杆件的强度计算。

§ 1-1 轴向拉(压)时横截面上的内力

(一) 内力的概念

杆件工作时,总要受到其它物体所施加的力的作用。例如作用于杆件上的荷载、自重力及支座反力等。这些力对所研究的杆件来说,都属于外力。在静力学里,我们已经讨论过外力的计算,但仅仅知道杆件上的外力,仍不能解决杆件的强度和刚度等问题。要解决这些问题,还需进一步了解杆件的内力。

物体内部一部分与另一部分之间相互作用的力称为**内力**。杆件在外力作用下产生变形的同时,将在杆内产生**附加内力**。

我们知道,物体是由无数颗粒组成的,在其未受外力作用时,各颗粒之间就存在着相互作用的**内力**,以保持其原有的形状。当物体受外力作用而产生变形时,各颗粒间的相对位置发生了改变,同时,颗粒间的**内力**也随着发生改变,它力图保持颗粒间原有的距离和联系,以抵抗外力使杆件发生变形和破坏。这个由外力引起的**内力的改变量**,即引起的附加内力,就是材料力学所要研究的**内力**。简言之,材料力学中所说的**内力**,是指由外力等因素在杆件内引起的附加内力。

必须指出,内力是由外力引起的,它随着外力的改变而改变。但是,它的变化是有一定限度的,它不能随外力的增加而无限地增加。当外力增加到一定程度时,内力不再随外力增加而增加,这时构件就破坏了。由此可见,内力与构件的强度、刚度等有密切联系,所以内力是材料力学研究的重要内容。

(二) 截面法、轴力

求内力的方法是截面法。下面以轴向拉伸为例来说明截面法求内力的步骤。

设欲求杆件某一横截面 $m-m$ 上的内力(图 1-2a),可沿此截面将杆件假想地截分为 A 和

B 两部分,任取其中一部分,例如 A 部分为研究对象(图 1-2b)。将移去部分 B 对保留部分 A 的作用以内力代替,并设其合力为 N 。由于杆件原来处于平衡状态,故截开后各部分仍保持平衡。由平衡方程

$$\sum X = 0, N - P = 0$$

可得

$$N = P$$

如果取杆的 B 部分为研究对象(图 1-2c),求同一截面 $m-m$ 的内力时,可得相同的结果,即

$$N' = P$$

实际上 N 与 N' 是作用力与反作用力,因此对同一截面来说,如果取不同的对象来研究,则所得的内力必然是数值相等,而方向相反。

综上所述,截面法求内力的步骤可归纳如下:

(1) 假想地用一个截面将杆件截分为两

部分,取其中一部分为研究对象,弃去另一部分,将弃去部分对研究对象的作用,以截面上的内力来代替;

(2) 根据研究对象的平衡条件确定内力的方向和大小。

第一步的作用是揭示内力,第二步的作用是确定内力(方向和大小)。截面法是材料力学中的一个基本方法,今后将经常用到。

由上面的讨论可知,截面法和静力学中取分离体的方法是类似的。不过在这里分离的不是某一物体,而是物体的一部分;所求的未知量不是约束反力,而是某一截面的内力。

由上面的分析结果知道,对于轴向拉伸和压缩的杆件,其横截面上的内力的方向皆垂直于截面,且必通过截面的形心,这样的内力称为轴力。对于轴向拉伸的杆件,轴力背离截面,称为轴向拉力,常以正号表示;对于轴向压缩的杆件,轴力指向截面,称为轴向压力,常以负号表示。按照这样的符号规定,无论取截面 $m-m$ 左侧还是右侧为研究对象,所求得的轴力不仅数值相等,而且符号也相同。

为了使截面法求得的内力在符号上与上面的符号规定相一致,在以内力 N 代替弃去部分对保留部分的作用时,一般都将内力假设为拉力(即在截面上按正方向画 N)。

需要指出,截面上的内力是分布在整個截面上的,利用截面法只能求出这些分布内力的合力。今后,在研究各类问题时所指的内力,都是指截面上分布内力的合力。

下面通过例题来说明截面法的应用。

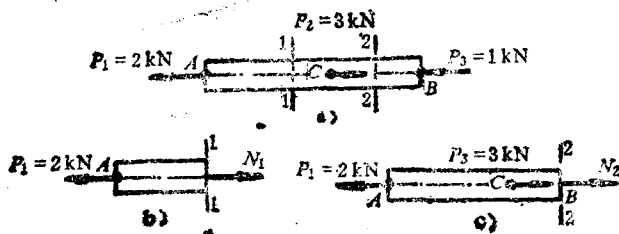


图 1-3

例 1-1 设一直杆沿轴线同时受力 P_1 、 P_2 、 P_3 的作用,其作用点分别为 A、B、C,如图 1-3a 所示。试求杆的轴力。

解: 由于杆上有三个外力,因此 AC 段和 CB 段的横截面上将有不同的轴力。

(1) 在 AC 段内的任意处以横截面 1-1 将杆截为两段,取左段为研究对象,将右段对左段的作用以内力 N_1 代替, N_1 假定

为拉力(图 1-3b)。由平衡方程

$$\sum X = 0, N_1 - P_1 = 0$$

得

$$N_1 = P_1 = 2 \text{ kN}$$

这就是 AC 段内任一横截面上的轴力,正号说明是拉力。

(2) 再在 CB 段内的任意处以横截面 2-2 将杆截开,仍取左段为研究对象,将右段对左段的作用以内力 N_2 代替, N_2 假定为拉力(图 1-3c)。由平衡方程

$$\sum X = 0, N_2 - P_1 + P_2 = 0$$

得

$$N_2 = P_1 - P_2 = 2 - 3 = -1 \text{ kN}$$

这就是 CB 段内任一横截面上的轴力,结果中的负号表示 N_2 为压力。

以上的计算,都是选取左段为研究对象,如果选取右段为研究对象,仍可得到同样的结果。

例 1-2 两钢丝绳吊运一重力为 10kN 的重物,如图 1-4a 所示,试求钢丝绳的拉力。

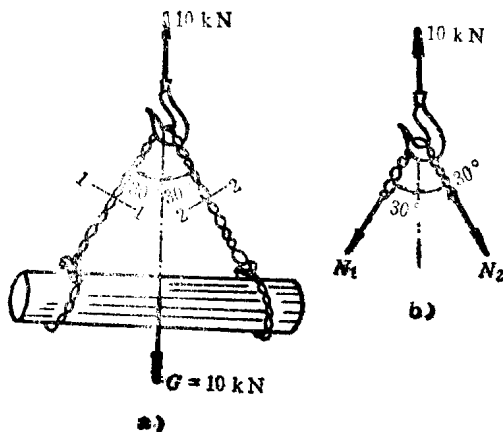


图 1-4

解: 同时用 1-1 和 2-2 两个截面将两钢丝绳截开,取上半部为研究对象(图 1-4b)。设两钢丝绳的拉力分别为 N_1 和 N_2 ,且由对称关系知 $N_1 = N_2$,又因吊钩所受向上的拉力也是 10kN,故由平衡方程

$$\sum Y = 0, 10 - N_1 \cos 30^\circ - N_2 \cos 30^\circ = 0$$

即

$$10 - 2N_1 \cos 30^\circ = 0$$

得

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{10}{2 \cos 30^\circ} = \frac{10}{2 \times 0.866} \\ &= 5.78 \text{ kN} = N_2 \end{aligned}$$

必须指出:在计算杆件的内力时,不能随意使用力的可传性和力偶的可移性原理,这些原理只有在研究力和力偶的运动效应时才适用。

(三) 轴 力 图

例 1-1 中的杆件,截面 1-1 和 2-2 上的内力是不同的。为了形象地表示轴力沿杆长的变化情况,工程中常需绘制轴力图。轴力图是表示轴力沿杆轴线变化规律的图线,其绘制方法是:以平行于杆轴线的坐标 x 表示杆件横截面的位置,以垂直于杆轴线的坐标 N 表示轴力的数值,将各截面的轴力按一定比例画在坐标图上,并连以直线,就得到轴力图。利用轴力图,可明显地看出轴力的变化情况和找到最大轴力所在的位置和数值。画轴力图时需注明轴力的数值、单位和正负号。

例 1-3 杆件受力如图 1-5a 所示,已知 $P_1 = 20 \text{ kN}$, $P_2 = 40 \text{ kN}$, $P_3 = 10 \text{ kN}$,试画出杆的轴力图。

解: (1) 计算各段杆的轴力

AB 段:用 1-1 截面在 AB 段内将杆截开,取右段为研究对象(图 1-5c),以 N_1 表示截面上的轴力,并假设为拉力。

由

$$\Sigma X = 0, -N_1 - P_1 = 0$$

得

$$N_1 = -P_1 = -20\text{kN}$$

负号表示 AB 段轴力 N_1 为压力。

BC 段：类似上述步骤(图 1-5d)，由

$$\Sigma X = 0, -N_2 - P_1 + P_2 = 0$$

得

$$N_2 = -P_1 + P_2 = -20 + 40 = 20\text{kN}$$

正号表示 BC 段轴力 N_2 为拉力。

CD 段：同理可得(图 1-5e)

$$N_3 = -P_1 + P_2 - P_3 = -20 + 40 - 10 = 10\text{kN}$$

正号表示 CD 段轴力 N_3 为拉力。

(2) 画轴力图

以平行于杆轴的 x 轴为横坐标，垂直于杆轴的 N 轴为纵坐标，按一定比例将各段轴力标在坐标上，即可画出轴力图如图 1-5b 所示。为简单，轴力图上有时省略画坐标轴的箭头，也不标明坐标轴的名称。

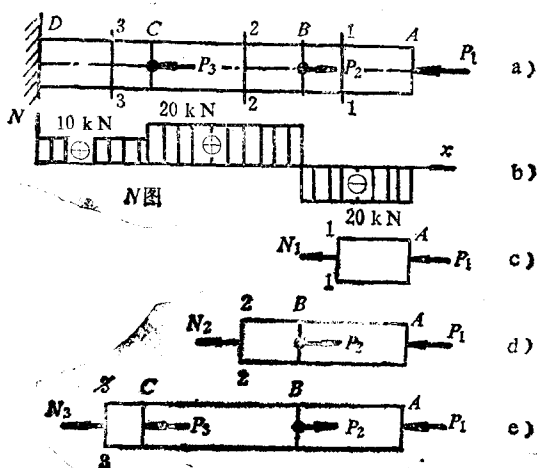


图 1-5

(四) 轴力的简捷计算

由例 1-1 的计算结果 $N_1 = P_1$, $N_2 = P_1 - P_2$ 和例 1-3 的计算结果 $N_1 = -P_1$, $N_2 = -P_1 + P_2$, $N_3 = -P_1 + P_2 - P_3$, 参照图 1-3a 和图 1-5a, 不难总结出如下的轴力简捷计算法则：**杆件横截面上的轴力，等于该截面一侧(左侧或右侧)所有轴向外力的代数和。**在代数和式中，凡指向背离所求截面的外力取正号，凡指向对着所求截面的外力取负号。

应用简捷法计算轴力可免除画截离体图(或称为隔离体图)和列平衡方程，使计算简单，但简捷法本质上仍是截面法，它是由截面法演化得到的一种简便方法。

复习思考题 1-1

1. 何谓强度、刚度？材料力学的任务和研究对象是什么？
2. 为什么材料力学要不同于静力学，把组成构件的材料看作可变形固体？材料力学对可变形固体有哪些基本假设？
3. 杆件的变形有哪几种基本形式？试各举一例。
4. 试辨别图 1-6 所示各杆件哪些属于轴向拉伸？哪些属于轴向压缩？
5. 何谓杆件内力？试以轴向拉压杆为例，说明用截面法确定杆件内力的方法和步骤。
6. 杆件如图 1-7 所示，用截面法求轴力时，可否将截面恰恰截在力的作用点 C 上？为什么？(提示：不能；参阅第五章)
7. 何谓轴力图？试说明其绘制方法和作用。
8. 试叙述轴力的简捷计算法则和代数和式中各项的正负号确定方法。

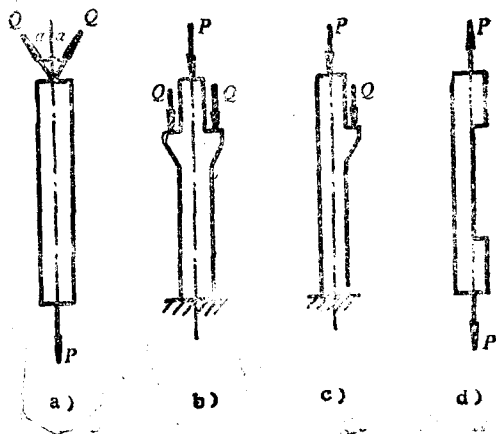


图 1-6

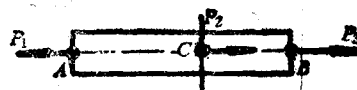


图 1-7

习 题 1-1

1. 等直杆 AB 所受荷载如图 1-8 所示, 试按以下要求计算截面 $m-m$ 的轴力, 并回答所提问题。

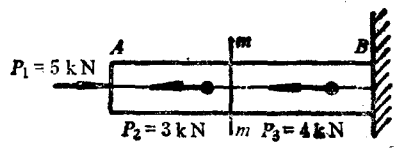


图 1-8

- (1) 取截面 $m-m$ 以左部分为研究对象;
 - (2) 取截面 $m-m$ 以右部分为研究对象;
 - (3) 比较两次计算结果是否相同;
 - (4) 取截面 $m-m$ 以右部分为研究对象计算轴力时, 是否说明轴力与 P_1 和 P_3 无关?
- (提示: 取截面以右部分为研究对象时, 需首先计算 B 端的支座反力。)

2. 用截面法求图 1-9 所示各杆指定截面上的内力。

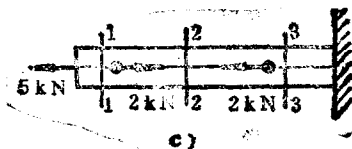
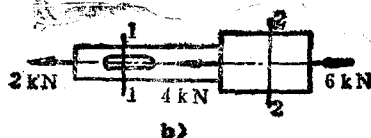
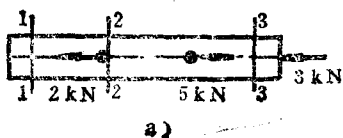


图 1-9

3. 用简捷法计算图 1-10 所示各杆的轴力, 并画出轴力图。

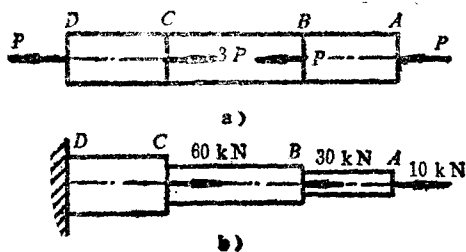


图 1-10

§ 1-2 轴向拉(压)时横截面上的应力

(一) 应力的概念

通过截面法,可以求出杆件的内力,但仅仅求出内力还不能解决杆件的强度问题。因为同样的内力,作用在不同大小的横截面上,却会产生不同的结果。例如两根材料相同、横截面积不等的直杆,若两者所受的轴向拉力相同(此时横截面上的内力也相同),则随着拉力的增加,细杆将先被拉断。这说明构件的危险程度取决于截面上分布内力的聚集程度,而不是取决于分布内力的总和。在上述事例中,同样的轴力,聚集在较小的横截面上时,就比较危险;而将其分散在较大的横截面上时,就比较安全。因此,在讨论构件的强度问题时,还必须了解内力在截面上的聚集程度。在力学中,单位面积上的内力,称为应力。

在国际单位制中,应力的单位是帕斯卡,简称为帕,代号为 Pa。1帕=1牛/米² (1Pa=1N/m²)。由于工程中按此单位所表出的应力值太大,故工程中常以千帕(kPa)、兆帕(MPa)或吉帕(GPa)为单位。

$$1\text{kPa} = 10^3\text{Pa}; 1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}; 1\text{GPa} = 10^9\text{Pa}$$

(二) 正应力计算

现在来研究轴向拉压时,等直杆横截面上的应力。

要确定应力,必须了解内力在横截面上的分布规律。内力是不能直接观察到的,但杆件在受力后引起内力的同时,总要发生变形,且内力与变形之间存在着一定的关系。因此,可以通过观察变形的方法来了解内力的分布情况。

取一个橡皮(或其它易于变形的材料)制的等直杆,在其侧面划两条垂直于杆轴的竖线 ab 、 cd ,并在两竖线间划几条平行于杆轴的纵线(图 1-11a)。然后在杆两端加一对轴向拉力,使其产生拉伸变形(图 1-11b)。这时可以看到:竖线 ab 、 cd 分别平移到 $a'b'$ 和 $c'd'$,但仍然垂直于杆的轴线;各纵线的伸长皆相等。可以认为,这一现象是杆的变形在其表面的反映,故我们假设杆内部的变形情况也是如此,即杆变形后各横截面仍保持为平面。这个假设称为平面假设。如果设想杆由无数纵向纤维所组成,则在任意两横截面间各条纤维的伸长相同。由此可知每根纤维所受的内力相等,也就是说横截面上的内力是均匀分布

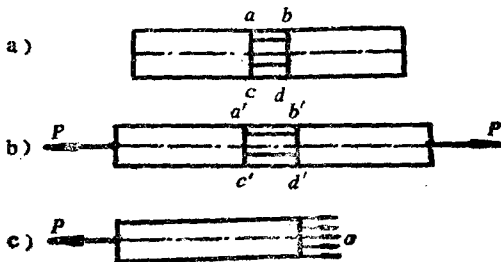


图 1-11