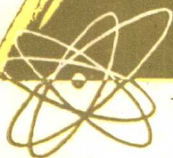


材料力学基础

陈 森 编



科学出版社

材料力学基础

陈 森 编

科学出版社

1 9 7 6

内 容 简 介

本书用通俗易懂的语言，由浅入深地介绍了材料力学的基础知识，叙述了本门学科的发展过程和发展方向，对于了解这门学科的基本内容和它在实践上的应用有一定参考价值。

本书原由科学普及出版社出版，这次作者作了较多的修订，作为新版出版。

本书供具有初中程度的工人、知识青年及工农技术干部自学用，也可供技工学校教学参考。

材 料 力 学 基 础

陈 一 森 编

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 187 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1974年6月第一版 开本：787×1092 1/32

1976年10月第二次印刷 印张：37/8

印数：98,451—218,660 字数：75,000

统一书号：13031·238

本社书号：389·13-2

定 价：0.29 元

目 录

一	概述	1
二	基本概念	5
	外力及其分类	5
	内力和变形	8
	弹性、均匀连续性和各向同性	9
	什么是应力	11
	五种基本变形	14
三	拉伸与压缩	17
	直杆的变形和应力	17
	虎克定律	20
	低碳钢的拉伸图	24
	铸铁的压缩图	28
	许用应力与安全系数	30
	怎样进行简单的设计	32
四	剪切	37
	剪切破坏	37
	剪切时的变形和应力	40
	剪切的计算公式	42
	怎样进行铆接设计	44
	焊接的计算	50

五	扭转	54
	扭转是怎样产生的	54
	圆轴的变形和应力	55
	空心轴有哪些好处	61
	怎样设计传动轴	63
六	弯曲	65
	平面弯曲的概念	65
	独木桥和跳水板	68
	剪力和弯矩	70
	“钢骨”的作用	73
	怎样进行梁的设计	78
	怎样的截面最合理	81
	变形大了有什么坏处	83
	桁架和拱	88
七	压杆的稳定	93
	什么叫“失稳”	93
	计算临界力公式	96
	临界力公式的使用范围	100
	压杆的稳定校核	102
八	补充知识	107
	关于动荷载	107
	材料试验机	110
	结束语	114

一 概 述

打开书本,大家一定想要知道,材料力学是怎样的一门学科?让我们先举一个熟悉的例子,如图 1 所示,我们用一根绳子来悬挂一个物体,从日常生活经验知道,如果这根绳子较细,而物体又很重,那么,这根绳子一定吃不消,最后就要断掉。显然,要使绳子不断掉,那就非得用粗一些的绳子不可,有时粗的绳子也不顶用,那就得换上一根钢丝绳。为什么换上粗的绳子或钢丝绳以后就不容易断呢?这是因为它们比起细绳子来要牢固一些的緣故,绳子愈牢,就愈不容易断,这是人们从生活实践中所证实的,这一事实如果用科学术语来说,就是,绳子的“强度”愈高,就愈不易破坏。从这里可以体会到所谓强度就是材料在外力作用下抵抗破坏的一种能力。

从上面所说的例子,我们知道,要使绳子不断,不外两个办法:其一是用粗一些的绳子,另外就是干脆换上一根钢丝绳。人们一定会问:究竟该用多粗的绳子呢?不换钢丝绳,换别的材料做成的绳子行吗?前面一个问题就是怎样来

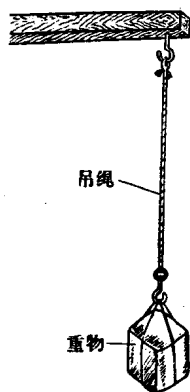


图 1 绳子吊物体

选择合适的尺寸的问题，后一问题就是如何来挑选适宜的材料的问题，这些问题在力学中专门有一个部门来研究它，这一部门就是材料力学。刚才提出的这些问题都是围绕着绳子够不够牢的问题，也就是强度问题，所以，要问材料力学是怎样的一门学科？我们可以初步简单地作这样的回答：材料力学是一门研究材料的强度问题的科学。

在日常生活和生产劳动中，人们经常要跟强度问题打交道，比如说钉一张桌子，盖一座房子，做一台机器，首先考虑的就是牢不牢的问题。我们在工厂的金工车间里，常看到行车

（又叫桥式起重机或吊车）吊着机器的零件来回奔驰；工地上可以看到塔式起重机忙忙碌碌地吊着预制构件（见图2），在码头边也看到大型塔式吊车在不停地装卸货物。如果再仔细地观察一下就可发现，用来吊重物的绳索，不是钢丝绳就是铁链条，另外，吊钩看去也是挺结实的。为什么要用铁链条？为什么吊钩要做得如此“粗壮”？这是容易回答的，试想，如果正当行车或吊车吊着重物的时候，绳索或吊钩突然断了，岂不造成严重的安全事故？我们都知道，车床的动力是由马达供给的，如果马达的轴断了，车床也就不转了，这就要影响生产。因此，在设计机器或建筑物时必须保证它的每一部分（即机械零件或建筑物的杆件，以后我们统称为“构件”）能够安全可靠地工作，更不能发生破坏。换句话说，必须为每一构件选择一个合适的材料和尺寸。

也许大家会想：要安全，多用些材料或者选用优质材料，不就保险了吗？是的，这样做确实能保证安全，但是，构件的

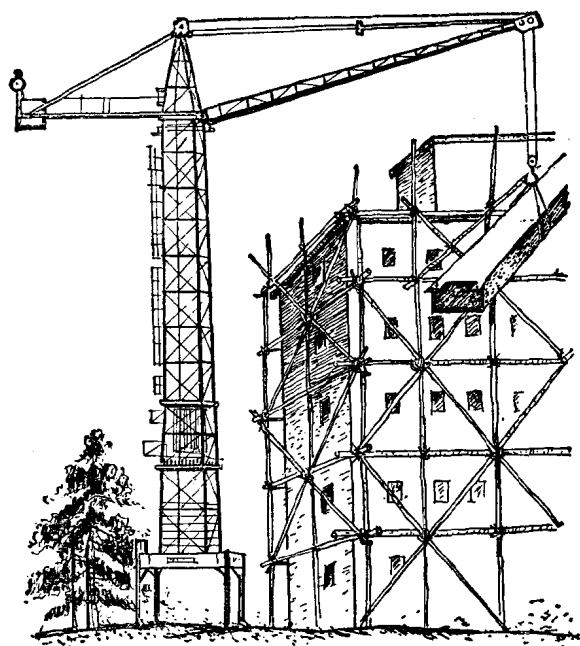


图 2 塔式起重机

尺寸用得过大，材料用得过好，却是不经济的。要保证安全可靠，就要多用材料或用优质材料；而欲经济，又必须少用材料或用差一点的材料，这两者之间是有矛盾的，因此，我们“要善于去观察和分析各种事物的矛盾的运动，并根据这种分析，指出解决矛盾的方法。”材料力学的基本任务就是帮助我们正确地解决材料使用上的安全与经济之间的矛盾。

自古以来，人们在生产斗争和科学实验中不断地寻求解决这个矛盾的方法。但是，旧的矛盾解决了，生产技术也进一

步发展了,而新的矛盾又产生出来,就这样,生产技术不断地进步,矛盾的不断产生和解决,就引导着材料力学这门学科按照科学的方法永远不停地运动和向前发展。

当前,在毛主席无产阶级革命路线指引下,技术革新和技术改造一浪推一浪,材料力学虽然不能解决整个机器或建筑物的设计问题,但它对于如何合理使用材料,如何正确确定构件的尺寸,提供了必要的理论基础。因此,对于广大工农兵同志来说,掌握一点材料力学知识,对于改进产品设备,采用新材料以及发展新品种等方面的工作,却是很有帮助的。

二 基 本 概 念

外力及其分类

小孩子提不起重的东西,问他为什么,他会回答你:“没有力气”。所以,力这个概念是从外界自然而然来到人们的头脑里的。在日常生活和生产劳动中,我们也可以到处体会到力这个概念。例如,我们拉一下橡皮筋,橡皮筋被拉长了;同样,如果在橡皮筋下面挂一个东西,也可以把橡皮筋拉长,所以,要想把橡皮筋拉长,就必须有另外一个物体(如手或东西)对它的作用。又如,推车子要用力,车子所以会动,是因为人对它的作用。因此,通过对周围事物的不断观察,我们进一步认识到:“力就是一个物体对另一个物体的作用”。在这里,我们可别忘记,说到力的作用时,必须注意要有两个物体。平时,我们往往只说某物体受到力的作用,虽然没有明白地说出究竟是那个物体对它的作用,但一定可以找到这个物体。

力是可以用图线来表示的。要全面地说明一个力,必须搞清楚这个力的大小、方向和作用点。因此,我们可以从作用点开始,按照力的方向画一根直线和箭头,这

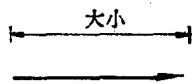
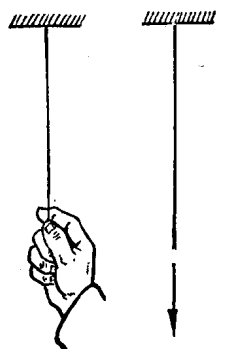


图 3 力的图示

根直线的长短就表示力的大小，箭头的指向就是力的方向（图3）。

在材料力学中常常说到“外力”这个词儿，所谓外力就是指那些作用在我们所要研究的物体上的力，当然，这些力都是由另外一些物体施加在这个物体上的。例如，前面所举的例子中，如果我们所要研究的物体是橡皮筋，那么，人手对于橡皮筋所作用的力就是外力（图4）。如果橡皮筋的下面还挂着一个东西，那么，这个东西对于橡皮筋的作用，也是外力。另外，任何一个物体都有重量，这个重量是地球对物体的吸引作用，所以重量对任何一个物体来说，也是一种外力，我们常叫它做重力。

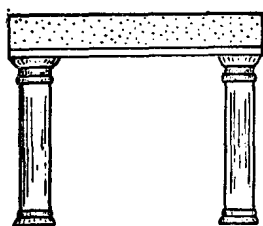


(1)手拉橡皮筋 (2)外力用图线表示

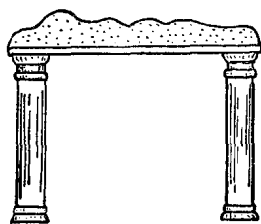
图4 作用在橡皮筋上的外力

外力在力学中又叫做荷载，它可以分为两类：

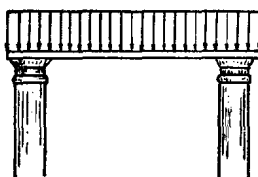
(1)分布力：例如平屋顶上积着一层雪，那么，在整个屋面上都要受到雪的作用，因此，对屋面来说，就受到了连续不断地分布在面积上的外力，这就叫做分布力（或分布荷载）。但是，这一层雪可能是厚薄一样的，也就是均匀分布的，也可能是乱七八糟的，也就是不均匀分布的。前者就叫做均匀分布力，后者就叫做不均匀分布力（图5）。水压机活塞上的水压力、机器油缸里的油压等都是均匀分布力的例子。在工程上我们经常要遇到这种均匀分布力。



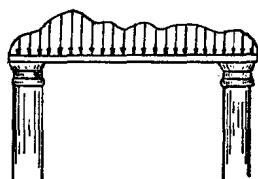
均布的雪



不均布的雪



均匀分布力



不均匀分布力

图 5 分布力

因为分布力是作用在某一面积上,所以,它的单位是用每单位面积上受多少力来表示,记作:公斤/厘米²或公吨/米²。有时我们在整个受力面积中取出一条条的面积来研究,这时,分布力只要按单位长度上受多少力来计算

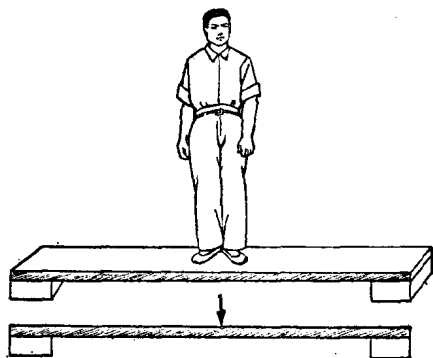


图 6 集中力

就可以了，所以，它的单位就用公斤/厘米或公吨/米来表示。

(2)集中力：例如人站在楼板上，这时，楼板上受力的部分只限于人脚所站的地方，所以，这种力集中于一块很小的面积上，叫做集中力(或集中荷载)。机器中装在轴上的皮带轮、齿轮、凸轮等的重量都可看成是集中力。为了计算简便起见，我们假定集中力是作用在一点上(图6)，这样做并不会引起什么差错。集中力的单位是用公斤或公吨来表示。

内力和变形

我们知道，任何物体在外力作用下，它的尺寸和形状一定有或多或少的改变，甚至破坏。比方说，弹簧给用力一拉就会伸长(图7)，木架子放上工具就要弯曲，即使是钢板和石块也不例外，只不过人们的眼睛不容易看出来而已。物体因为外力作用而发生了形状的改变，就叫做变形。

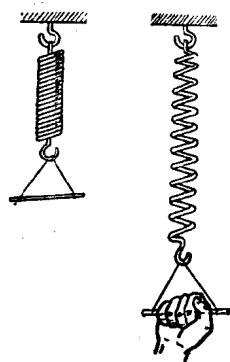


图7 弹簧的变形

为什么物体受力以后就会引起形状的改变呢？这是因为一切物体都是由许多极小的微粒组成的，这种微粒叫做分子。分子和分子之间是按照一定的距离排列着的，当物体受力后，它们相互之间的位置就改变了，不是靠近就是离开，由此物体的形状也就改变了。

物体分子与分子之间存在有相互作用的力(吸引力或排斥力)，这种相互作

用力使得分子间保持着一定的位置，因此，谁要是破坏了这种现状，它们就要起而抵抗。比方说，你要使某一部分分子靠近，那么，这一部分分子就要增加排斥力，借以使它们恢复到原来的位置；反之，如果你要使它们分开，它们就要增加吸引力来恢复原来的位置。我们用手拉弹簧的时候，就会感觉到弹簧也在拉我们的手，就是由于这个缘故。当外力使物体发生变形的同时，物体内部分子之间就伴随着产生一种抵抗力，这种抵抗力就叫做内力。由上面可知，内力是用来抵抗外力对物体的变形，并且力图使物体变形部分恢复原来的尺寸和形状。因此，外力愈大，物体的变形也愈厉害，从而物体所产生的内力也就愈大，一般说来，外力一去除，内力也就没有了。

弹性、均匀连续性和各向同性

我们不妨取一根弹簧来拉拉看，如果我们用力不是很大，那么，当放手后弹簧就能恢复原状。许多材料，不论是钢也好，木材也好，都具有这样的性质，象这种除去外力后就能完全恢复原状的性质，叫做弹性。具有弹性的物体叫做弹性体。

但是，如果我们用力太大了，也就是说外力超过了某一个限度，那么，即使放手了，弹簧也不能够完全恢复原状，这时只有一部分恢复，另一部分不能恢复（物体具有这种保留变形的性质，叫做塑性）。我们将可能恢复的这一部分变形，叫做弹性变形；另一部分不能恢复的变形，叫做永久变形或塑性变形（图8）。

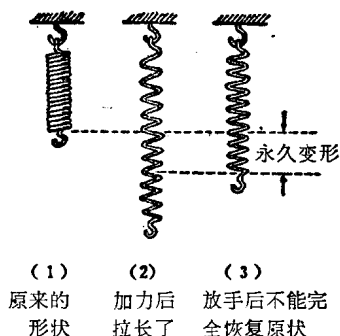


图 8 弹簧的永久变形

上面说过，外力不超过某一个限度时，物体才能表现出弹性这一性质，因此，我们将这一个限度叫做弹性限度。这个限度究竟是多少，要看是什么材料而定。在自然界中没有完全的弹性体，也就是说，当外力超过了弹性限度时物体就要失去弹性这一性质。比如说，钢

片具有很好的弹性，但是用很大的力去弯它，马上就可以看出钢片不能完全伸直而保留有一些弯曲。在材料力学中我们只限于研究在弹性限度以内的物体。

为了简化计算，便于讨论起见，我们还必须将真实的弹性体加以理想化。这是科学上经常采用的一种研究方法，它的思想就是抓住事物的主要矛盾，而撇开那些次要的非本质的东西。所谓理想化就是假定物体的内部是连续不断地充满着均匀的物质（这就叫做均匀连续性），而且在各个方向上都具有相同的性质（这就叫做各向同性）。事实上，物质并不完全充满于整个物体，物体是由不连续的粒子组成的，此外，在各个方向上的性质也不可能完全一样。但是，我们引用上面的假设所得到的理论都同许多实验和实践的结果十分符合，所以，在材料力学中，为了研究方便，对于材料都采用了上面的基本假设。

什么是应力

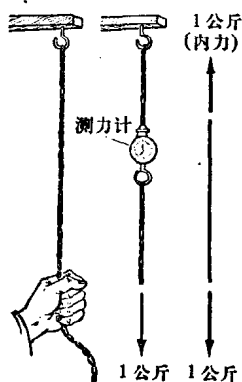
我们已经知道：物体在外力作用下，就要发生变形，同时又在物体的内部引起内力。内力是随着外力的加大而增加的，但是，对于某一种材料来说，内力的增加是有一定的限度的，超过了这个限度，物体就无法抵抗外力的作用，就要破坏，所以，不同的材料有不同的限度，也就是说有不同的强度。究竟内力达到了怎样的限度，物体才破坏呢？要研究这个问题，首先要懂得怎样计算内力。

我们先做一个简单的试验。取一根绳子，上端固定起来，

下端用力一拉，假设拉力是 1 公斤

（图 9（1）），这时，由于绳子受到外力的作用，在其内部就伴随着发生了内力，这个内力是多大呢？如果我们将绳子割断，用一个测力计接起来，象（图 9（2））那样，我们就可看到，测力计上的指针正指着 1 公斤。如果绳子下端的拉力加到 2 公斤，那么，测力计上的指针也指着 2 公斤。从这个简单的实验我们知道：内力总是与外力大小相等方向相反的，换句话说，内力总是与外力维持平衡的。如果内力也用图

线表示，就可以画成象（图 9（3））上端那样。



(1) (2) (3)
1 公斤 用测力计 内力与外
的拉力 接起来 力平衡

图 9 截面法

所以，当我们要计算一个物体在外力作用下究竟产生多大的内力时，总是象上面所说的那样，用一个假想的截面将物体切开，然后画上内力〔参看图 9（3）〕，根据平衡条件就可算出内力的大小，这个求内力的方法是材料力学中经常用到的，叫做截面法。

但是，求出内力并没有完全解决问题。因为我们所感兴趣的是物体内部产生了这样大小的内力时究竟会不会破坏；在上面的例子中，用截面法算出的绳子内力，不管绳子是粗是细，都是等于 1 公斤，显然，同样用 1 公斤的拉力，细的绳子要比粗的绳子容易断些，因此，光看绳子的内力是多少，很难决定绳子会不会断掉，绳子断不断是与绳子截面积的大小有很大的关系的。所以，衡量一个物体内力的大小，应该用单位截面积上内力的大小为依据，这个单位面积上内力的大小叫做应力。

知道了绳子的内力，又知道绳子的截面积，能不能计算它的应力呢？要回答这个问题，先得问一问：内力是不是均匀分布在截面上？一般讲来，内力在截面上的分布规律是不知道的，但是，象上面所说的绳子受拉的例子里，根据实验结果和关于材料均匀连续性的假设，我们可以认为内力是均匀而且连续地分布在截面上（图10）。有了这个结论，那么，求应力

时，只要把内力除以截面积就行了。写成计算的公式就是：



图 10 内力均匀分布在截面上