

郭 治 编 著

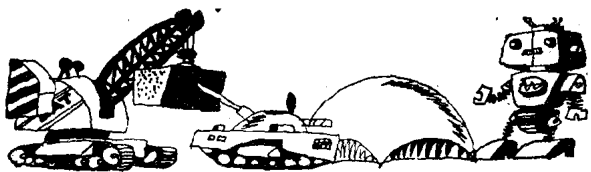
物 理 大 观 园

美妙的声

江苏少年儿童出版社



材料·结构·物体平衡

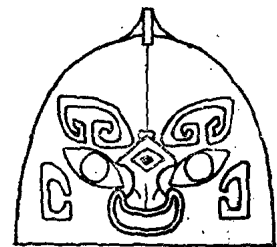


装甲的演变

最早的装甲大约出现在4000年前，传说那是夏朝的帝杼(shū)在作战中使用的。当然，那时的装甲不是金属的，而是以生革和木藤为材料造成的，其中以犀甲最为著名。在河南安阳就挖出过古代的皮甲。

现在能查到的金属甲，要算商朝的最早。在河南安阳的殷墟，出土过商代的铜盔。

铜盔上刻有虎皮般的花纹，上边插上羽毛，看上去十分威武。古埃及和古希腊在会炼铜之后，也流行铜制盔甲。铜甲能代替皮甲，那是因为铜要比皮硬。既然装甲是用来防身的，它的材料当然是

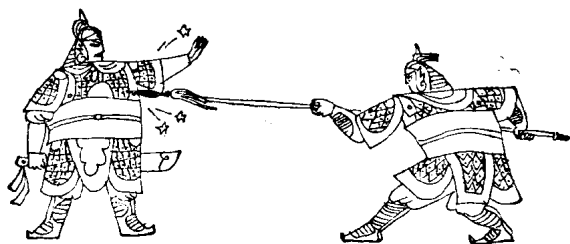


商代的铜盔

硬的比软的好了。

随着生产的发展，古人学会了冶铁。秦汉以来，我国的盔甲逐渐变为以铁制为主。赫赫有名的楚霸王项羽，作战时就穿着铁甲；三国时袁、曹官渡之战，双方的骑兵则是满身铁甲了。

铁甲优于铜甲，因为铁甲不容易被戳穿，铁抵抗破坏的能力比铜大，也就是说，铁甲的强度比铜甲大。用同样的矛



去刺杀，铜甲被戳穿，铁甲却顶住了矛头。

材料或结构抵抗外力的能力叫强度。

各种铁甲也有强度大小之分。生铁就不如钢。公元前 4 世纪的战国时代我国就出现了冶铁业，并且开始了炼钢。钢有韧性，强度也大，直到现代我们的战士还头戴钢盔。

钢、铁、铜以及木头、皮革的强度不同，那是由于材料本身的构造不同造成的。钢的出现，使装甲进入了新的时代。

我国的炼钢术在东汉初年传到了罗马，后来欧洲也出现了金属盔甲。欧洲中古骑士的盔甲把整个人体都掩盖起来，只有关节处是活动的。

盔甲主要是用来抵抗冲击外力的，也就是说，对它的冲

击强度要求比较高。

枪炮等火器大量使用之后，击到装甲上的子弹具有了较强的穿透力，薄薄的铁甲无济于事了。要使钢甲能抗击飞速射来的子弹，钢甲必须做得很厚。于是出现了装甲车和装甲舰。甲午海战中，邓世昌指挥的舰队里就有不少铁甲战舰。

坦克以它厚厚的装甲抗击着火器的攻击。1945年初的维斯瓦——奥得河战役中，苏军一下就动用了6500辆坦克。现代装甲具有三个本领：第一是抗侵韧性，也就是有抵抗弹丸穿透的能力；第二是抗碎裂性，也就是有足够的韧性和塑性，当受到剧烈轰击时不碎不裂；第三是抗崩落性，当装甲受到弹丸轰击时，背面不会发生任何崩落块。要做到这些，就要在材料和结构上下功夫了。据报道，有些现代坦克已经使用复合装甲了：在两层金属甲之间留有空隔腔或加装陶瓷、塑料。尽管如此，反坦克导弹仍是坦克的劲敌。

能不能造出重量很轻、强度又很大的装甲呢？这是一个很吸引人的课题。

前几年，出现了一种新式“防弹服”。据报道，以色列士兵曾经穿着它作战。这种防弹服只有1.8千克重，穿起来比较舒适。它是用一种超强纤维制作的，这种纤维叫“凯夫拉尔29”。以色列方面宣传说，他们的士兵穿上这种防弹服之后，减

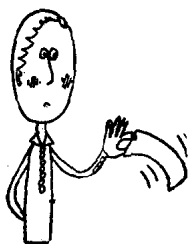
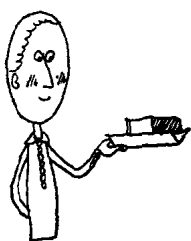


少了伤亡。防弹服还不能做到“刀枪不入”，不过，国外的许多警察已经穿上了用超强纤维制作的警服，用它来阻挡小手枪的子弹还是有一定作用的。

防弹服的出现启示我们，新的人造材料也许会代替传统的金属装甲，也许不久的将来会出现“塑料坦克”呢。

软弱怎样变坚强

人们总希望用最少的砖瓦盖出最牢固的房子，用最少的材料架成最坚固的桥梁。怎样才能使材料经受得住较大的压力呢？这是个强度问题。为研究这个问题，我们不妨用纸做几个小实验。



【小实验】裁一条图画纸，用一只手捏着它的一端，纸条会垂下去，连自己本身的重量都支承不了。好，我们把这软弱的纸

条折成V形或L形，它便挺直了腰板，还能挑起一盒火柴。

这说明，同一张纸条，能够承受多大重量，跟它的形状很有关系：物体的形状影响着它能承受的外力。

这个道理同样适用于钢铁。你看，工地上的塔式起重机、油田上的钻探井架、工厂的屋架……组成它们的钢材不常常是V形或L形的吗？这“折起来的钢铁”，就是大力士的骨骼——角钢。

把两个L形钢材组合在一起，可以成为U形钢材，这就是槽钢。槽钢更是个硬骨头，铁桥、汽车、拖拉机和一些机器都离不开它。

火车脚下的钢轨要承受巨大的压力，它是工字型的。火车很重，钢轨的顶面必须有一定的宽度和厚度来承受压力；为了使钢轨稳定，钢轨的底面也应当有一定的宽度；另外，为了防止出轨，火车的铁轮内缘还有一个伸长的边，要能让带边的车轮能正常转动，钢轨还应当有一定的高度。只有工字型钢材能满足这三个条件，而且最节省材料。

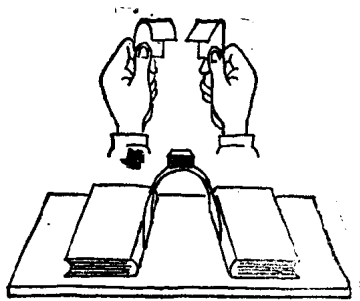
其实，工字钢也是“折”起来的钢铁，把两个U形的槽钢背对背组合在一起，不就是工字吗？

还有一种丁字钢，又叫T型钢。我们也可以把它看成是两个角钢背对背结合到一起的。

除了这几种以外，还有一种形状能使软弱的东西变坚强。让我们再做个趣味小实验：

【小实验】 把纸条横搭在两摞书中间，它中部便会弯下去，显得软弱无力。如果把它弯成弧形，卡在两摞书之间，它也可以驮起一盒火柴。

拱起了腰的纸条可以驮起一盒火柴，这说明，向上拱起的物体最能承受外来的压力，它的强度要比没有拱起时大了。火柴盒压在纸拱桥上，给予纸拱的是一种静态外力，它和作用在装甲上的子弹冲击力不同。纸拱桥



这种抵抗静态外力的本领，就叫静强度。

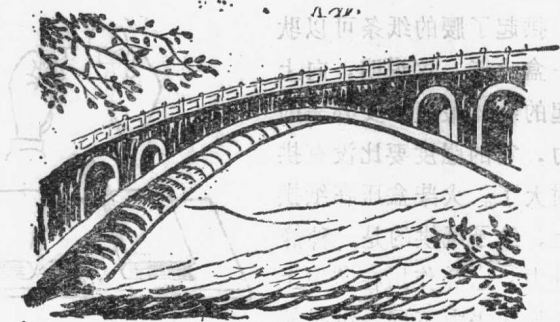
我们的祖先很早就发现了拱形物体的这种性质，并且把它运用到建筑上去。各地发掘的东汉古墓，多数有“拱”式结构，可见一千几百年前我国的筑拱技术已经相当普及了。

现存的最古老的石拱桥是我国的赵州桥。赵州桥是隋朝石匠李春设计监造的，自公元616年建成，到现在已经有1300多年的历史了。这座石桥横跨在河北赵县城南洺河上，有着一个弧形的桥洞，犹如跨在河上的长虹。在漫长的岁月里，赵州桥经受了地震的摇撼，洪水的冲击，车马的压轧，仍然屹立在洺河之上。

赵州桥不但有个弧形的大拱，而且在桥肩还有4个小拱。当山洪暴发时，小拱可以把洪水泄走。赵州桥坚固的秘密正在拱上。

前些年，我国科技人员和工人继承并发展了拱桥建筑的传统，运用现代强度理论以及工程学，创造了双曲拱桥。

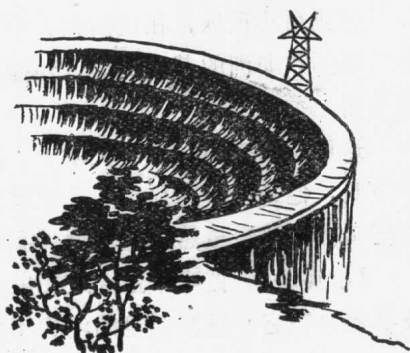
双曲拱桥的外形同一般的空腹式拱桥好像没有什么区别。但是你如果走到桥下一看，就会发现它的肚皮是凹的，好



像由几条自行车的挡泥板拼起来的，真是拱中有拱。这种桥的优点是：造价低，载重负荷大，施工方便，节省材料。宏伟的南京长江大桥的公路引桥便是这种双曲拱桥。

双曲拱能比单曲拱承受更大的载荷，主要是因为双曲拱不仅在一个方向上呈拱形，而且在互相垂直的另一个方向也呈拱形，自行车的挡泥板就是这种双曲拱形的。当它受力时，力便沿着两个拱的方向更均匀地传递；某一局部受力过大时，双曲拱就能迅速自行调整平衡，使整个双曲拱不因局部受力过大而损坏。

拱形结构除了能用于建造桥梁外，另一个重大的用处就是建造水坝。特别是双曲拱形坝，由于拱形顶所受的水压力能通过拱体均匀地传递给河岸，依靠坚固的两岸来维持坝的稳定，它与完全靠自身重量来维持平衡的重力坝相



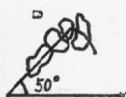
比，不仅可以减少体积，节约材料，而且还有一定的弹性，对地基的局部变形具有一定的适应能力，有较好的抗震性能。



内侧纵弓



外侧纵弓



骰骨到楔骨的横弓

人足三个足弓示意

你不知道吧？我们的脚上就长着“双曲拱桥”呢，它就是人的足弓。正常的脚都可以区分出三个足弓：两个纵向的纵弓和一个横断面上的横弓。

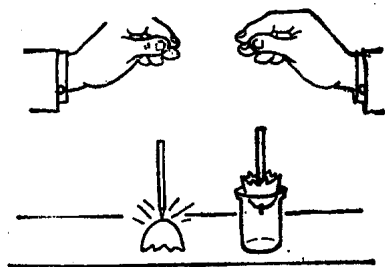
脑壳·蛋壳·薄壳

这是一场紧张的足球赛。只见一只传中的球正好吊到甲队的球门前，乙队前锋突然腾空跃起，用头将球顶入甲队球门，顿时全场欢腾……我们不禁要问：用头顶球，为什么不会把脑壳碰碎呢？

岂止用头顶球，在民间艺人中还有用头顶砖，把砖碰碎的。朝鲜和非洲的某些民族，还能头顶几十斤重物，走得稳稳当当。

这可和脑壳的形状有关系了。如果某人脑壳畸形，成了个方头，他是绝不能顶球的。这就像蛋壳：我们用一只手很难把鸡蛋攥碎，虽然蛋壳极薄。我们不妨做个趣味小实验。

【小实验】把半个蛋壳放在桌子上，凸面向上，然后用一支铅笔来戳它。这支铅笔的笔尖不要太尖，手拿铅笔从离鸡蛋



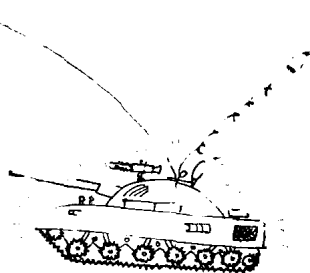
5~10厘米的高处，让铅笔自由落下。看！蛋壳并没有被戳坏。再把蛋壳翻过来，让它凹面向上，下边垫一个小酒杯，再用同样的办法一戳。看！蛋壳竟然破碎了。

这说明,凸曲面能把外来的力沿着曲面均匀地分散开,虽然它很薄,也受得住较大的外力,所以强度大。相反,从凹面攻击它,其强度就极小,刚出生的小鸡就能把蛋壳啄破。

这个实验还说明,物体的强度不仅与它的材料有关,与它的几何形状有关,而且和外力的作用形式与方向有关。

古代的盾牌,不但要选用强度大的材料来做,而且要做成曲面,使其凸面对敌;现代的坦克,不但要用好材料做外壳,而且对其外形颇为注意,总是曲面向外的。

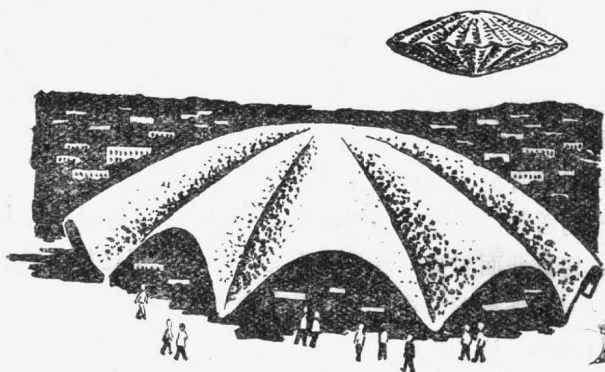
1941年冬,法西斯德国的侵略军向苏联立陶宛推进。当一个步兵师正要通过大桥时,隐藏在附近的一辆苏联KB-1型坦克突然爬上桥头,停在大桥中央,截住了上万的德军。德军用6门炮轰击这辆新式坦克,可是,



呼啸的炮弹撞到坦克上,竟被弹了出去,就像前面说到的足球和铅笔一样。因为这新式坦克不但材料好,而且外形也很科学。

蛋壳、蚌壳、蜗牛壳都是天然的薄壳结构,它们的壳体虽薄如纸,但由于它奇特的外形,使它具有了意想不到的强度。在和平建设当中,科学家们提出了一种有意义的设想:如果把屋顶也做成“蛋壳”形状,不是可以省下大批材料吗?

这就是建筑上的薄壳屋顶,它的形状有好多种,有的如同蛋壳,有的好似乌龟壳,有的像半个皮球。北京火车站有个大跨度的双曲面薄壳屋顶,北京天文馆则是球形薄壳屋顶。



城市里的建筑采用多种多样的薄壳，会使整个城市显得丰富多采。

那么，能不能造个“乌龟壳”来做为建筑物的基础呢？大家知道，盖房子，竖铁塔，都要先打基础，这些基础通常是钢筋混凝土结构。如果在地下修一个拱形的乌龟壳来代替它，不是可以省下大批材料吗？早在五十年前便有人提出了“薄壳基础”的设想，直到近些年才实现。

常用的一种薄壳基础，很像一个倒扣在地下的大碗。这个薄薄的大碗虽然支撑着高大的铁塔或烟囱，却能把它所受



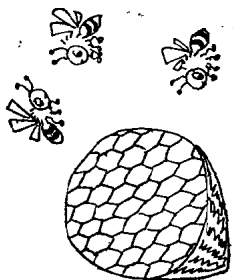
的巨大压力传到下面的土壤中去。采用这种薄壳基础，要比实心基础节约混凝土30—50%，还可以节约大批钢材。

薄壳具有重量轻、强度高的优点，所以在航天、航空、造船、化工等许多方面有着广泛的用途，设计火箭、飞机、潜艇时，经常要应用薄壳理论呢！

向蜜蜂和蜘蛛讨教

既然蛋壳可以启示我们造出薄壳结构，那么，大自然中一定还有许多可以启发我们思维的结构。

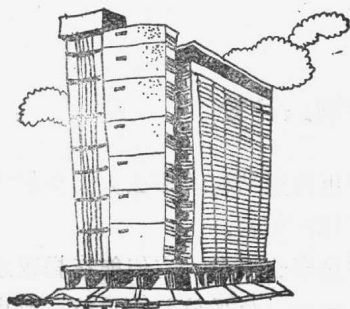
看！蜜蜂建筑蜂房的本领是多么出色：它们能在昼夜之间用蜂蜡建成千万间“住宅”——一色平放着的六棱柱形房间，每个房间的体积都是 0.25厘米^3 ，显得格外整齐、经济、美观。房间的正面是平整的六角形进出口，背面是锐角为 $70^\circ 32'$ 的棱锥，六面墙壁同时又是相邻的六个房间的墙壁……“蜜蜂建筑师”的设计可谓最佳设计了一——它用了最少的建筑材料，造出了最大容积的房间，而且保证了建筑结构的安全和稳定，是一种轻质高强的结构。



现在的城市建筑材料，大多用钢筋和水泥。这种钢筋混凝土结构，每立方米重达2.4吨。广州的白云宾馆，就有8万多吨重，为此就要加固基础……能不能改变这沉重的结构呢？

蜜蜂的精湛技艺，启发工程师们设计出了种种轻质高强

的泡沫蜂窝结构，创造出了蜂窝状的泡沫混凝土、泡沫塑料、泡沫橡胶、泡沫玻璃和泡沫合金。你也许能找到那白色的、轻轻的泡沫塑料，你会发现，它的确是重量极轻，强度却不低：你站在一块泡沫塑料上边，是不会把它压碎的。

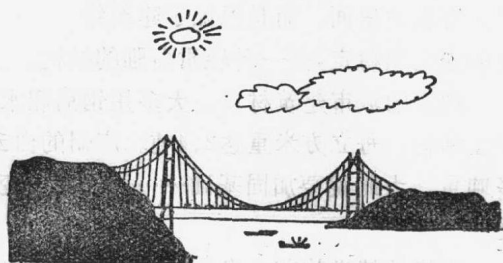


工程师们还仿照蜂房造出一种“蜂窝墙壁”，中间填满由树脂和硬化剂合成的尿素甲醛泡沫。用这种墙壁建造住宅，结构轻巧，冬暖夏凉。

蜘蛛也是自然界里出色的建筑师。你看，它的蛛网织得何等的巧妙。有的学者发现，蜘蛛能根据地形地物“精确地计算”出要织多大的网，然后“提出”最省料而又能达到最大面积的“方案”，迅速而准确地编织出蛛网。蛛网是自然界里独一无二的悬索结构。蛛丝虽细，却能承受3克重的张力，苍蝇蚊子撞上蛛网便无法逃脱了。

前人建造铁索桥是否得到过蛛网的启示，我们没有考证过。当代的悬索结构则是模拟蛛网的一大成就。

北京工人体育馆大厅的屋顶，采用的就是悬索结



构。这个屋顶的直径为110米,很像一个平放着的自行车轮,由金属的中心环、钢筋混凝土外环和上下两层钢索组成。在这个结构中,抗拉能力强的钢丝只承受拉力,抗压能力强的混凝土外环主要是承受压力,做到了物尽其用,节约材料。

在美洲的亚马孙河上,生长着一种世界闻名的观赏植物——王莲。王莲有个圆形的大叶,浮在水面,直径有2米,一个五六岁的孩子坐在上边,就像坐在船上。那薄薄的叶子为什么能支持住一个孩子呢?

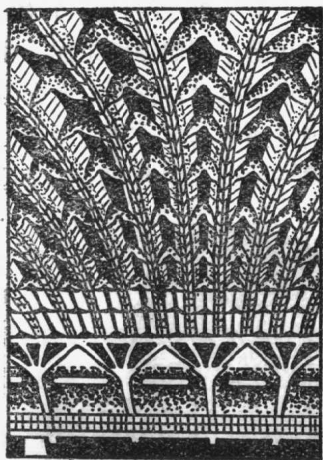
大约100年前,法国的一位园艺师兼建筑师约瑟夫·莫尼哀对王莲进行了仔细的研究,他发现,王莲叶子的背面有许多又粗又大的叶脉,叶脉之间用许多镰刀形的横筋连着,构成



王莲的叶和叶脉

了一种卓绝的网状骨架,可以承受很大的荷载。

王莲启发了莫尼哀,他模仿王莲的叶脉结构,用钢和玻璃建造了一座像水晶宫一样的大花房,引起了许多建筑师的兴趣。现在,这样的“叶结构”已被用于城市建筑和水上建筑。在模仿王莲叶子的大厅屋顶上,还采用了皱折型叶子的特点,使两个肋骨低于中间部分。弯曲的纵肋和波浪形横隔

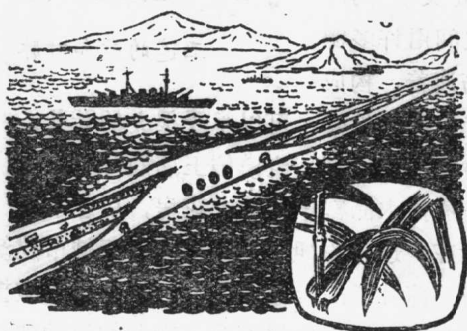


使建筑物具有足够的强度和稳定性。仿照王莲的叶结构，建筑师还设计出了叶式浮桥。

生物体和建筑物一样，时时都要受到风吹雨打等各种自然力的作用。在漫长的生命演化过程中，动植物形成了适合生存环境的种种形态。生物体要保持自己的形态，就要有一定的结构，使自己能保持应有的强度、刚

度、硬度和稳定性。王莲是这样，许多植物也是如此。

羽茅草和禾本科植物的长叶子，常常卷成筒形，香蒲植物的叶子则成螺旋状，它们用弯曲的表面增加强度和稳定性，以便抵抗外力的破坏。留心观察大自然的工程师从叶子的结构得到启发，设计出了1200米长的筒叶形桥。



生物体经过了千百万年的进化,已经解决了许多“技术难关”。一根普普通通的芦苇,可以高到2米,而直径却只有1厘米左右,它在风雨中抖动,很难折断。它的高度和直径的比大约是200:1。而我们人类建造的电视塔,其高度和直径的比却只有15:1,相形之下,电视塔只不过是芦苇不大高明的仿制品罢了。看来,藏在生物体里的物理学还很值得进行探讨。生物力学是生物物理学的一个重要分支。

弹弓上的学问

弓箭的历史可以追溯到7000多年前的新石器时代,那时我国的半坡人已经用木弓和石镞(zú,箭头)来打猎了。后来,弓箭成了古代的重要兵器,出现了李广、刘洪等神箭手。

现在拉弓射箭的人已经很少了,不过咱们小时候都玩过弹弓,这弹弓的原理和古代的弓箭是一样的。你想过没有:弹弓为什么在拉开以后才能把弹子射出去?弹弓为什么必须用皮筋来做?为什么用力拉才能打得远?

也许你觉得这几个问题是不成问题的问题,弹弓“当然”在拉开之后才能射出弹子,弹子“自然”要用皮筋来做,用棉线是不成的……其实,要研究这些问题,还真要费些脑筋呢。

使用弹弓时总要把弹弓拉开。用力一拉,那皮筋便会伸长,这种现象叫发生了形变。

固体在力的作用下所发生的形状和体积的变化,叫做形变。



用手把皮球按成凹形，人站在木板上把木板压弯，用锤子把铁块打成各种形状，用灵巧的手指捏出面人，用有力的双手把弹簧拉力器拉长……都是力使物体发生形变的例子。就是坚硬的地壳在巨大的外力作用下也会发生形变。喜马拉雅山地区原来是一片汪洋，在欧亚板

块和印度板块的碰撞、挤压和拱抬下，地壳渐渐隆起，逐年升高，形成了世界屋脊。

拉长的皮筋在松手以后，会自动恢复到原来的长度；被压弯了的木板，在撤去外力的作用之后，便能恢复平直；沙发里的弹簧被压缩之后还能恢复原状；这又是什么性质呢？人们给它取了个名字叫弹性。

物体在外力作用下产生形变，撤去外力，形变立即消失而恢复其原有形状和大小的性质，就叫弹性。

但是，也有另外一种情况：用很大的力去拉弹簧，弹簧伸长了，等去掉外力以后，那弹簧却不能恢复到原来那么长了。这是因为用的力超过了弹性限度的缘故。

当外力超过弹性限度时，撤去外力以后，物体不能恢复原有形状的性质叫范性。

铁丝弯曲以后，牙膏筒卷弯以后，都不能恢复原有形状，就是范性的例子。