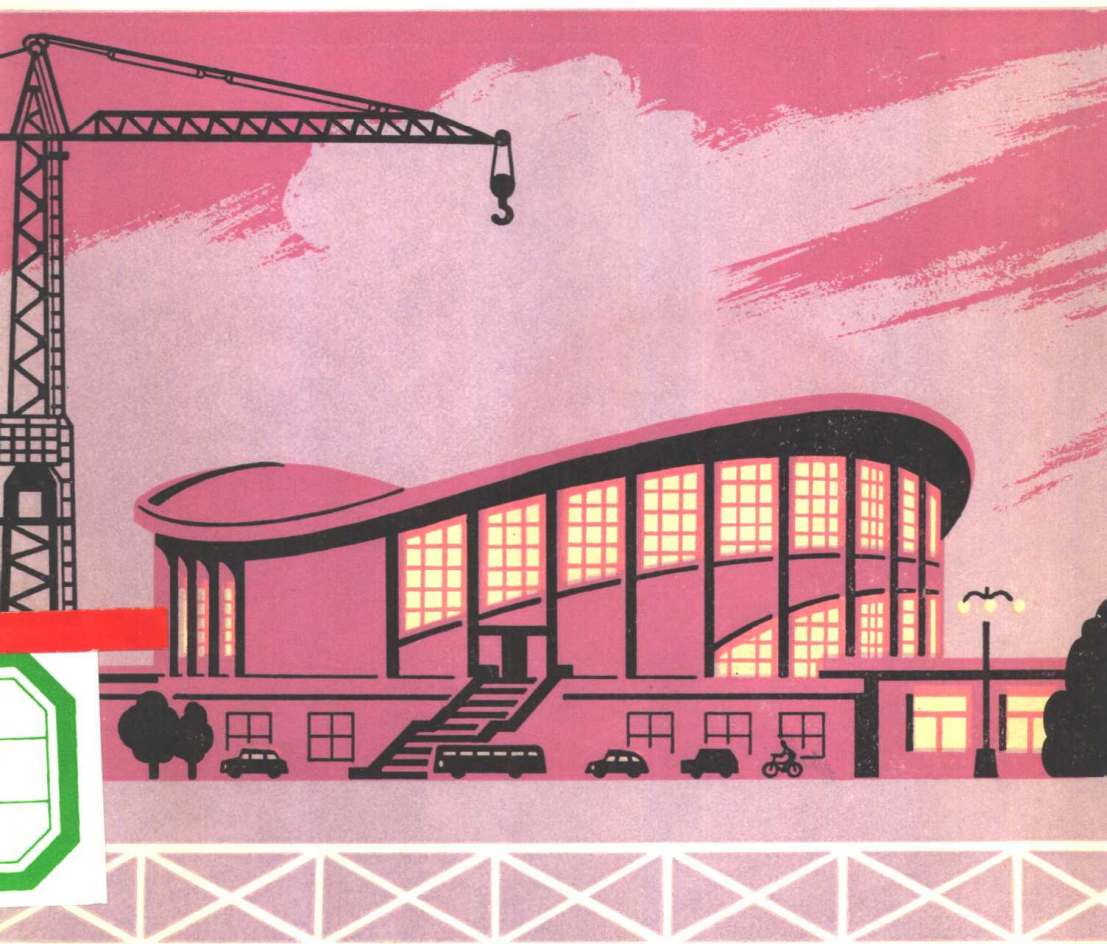


自然科学小丛书

大跨度建筑



北京人民出版社

自然科学小丛书

大跨度建筑

北京工业大学工农兵学员编

北京人民出版社

自然科学小丛书

大跨度建筑

北京工业大学工农兵学员编

北京人民出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印刷

787×1092毫米 32开本 2.125印张 30,000字

1977年1月第1版 1977年1月第1次印刷

书号: 15071·18 定价: 0.18元



毛主席语录

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。



编辑说明

为了帮助广大工农兵和青少年学习自然科学知识，更好地为社会主义革命和社会主义建设服务，我们编辑了《自然科学小丛书》。

这套小丛书是科学普及读物，它以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，结合三大革命斗争实践，介绍自然科学基础知识。在编写上，力求做到深入浅出，通俗易懂，适合广大工农兵和青少年阅读。

由于我们水平有限，又缺乏编辑科学普及读物的经验，难免有缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正。



目 录

- 一 三大革命需要大跨度建筑……………(1)
 什么叫建筑结构和跨度(2) 大跨度结构是人类社会发展的需要(4)
- 二 梁的应用与发展……………(6)
 最早的梁——木梁(6) 同样的梁为什么受力不一样(6) 把好钢用在刀刃上(12) 从实体梁到桁架(13) 拱和它的发展(16)
- 三 新式大跨度屋顶结构——网架结构……………(20)
 从两面支承到四面支承(20) 采用网架结构的首都体育馆(24) 空间网架的整体吊装(28) 多种多样的网架形式(31)
- 四 什么叫壳体结构……………(32)
 从鸡蛋壳谈起(32) 为什么壳体屋顶结构能够做得又薄又大?(34) 最早用在屋顶的壳体形式——球壳(36) 双曲扁壳(40) 用直线组成的双向曲面——扭壳(42) 竹筒式的屋顶结构——筒壳(44)



五 悬索结构·····(46)

最初的悬索结构——悬索桥(47) 帐篷——现代悬索屋顶的雏形(48) 自行车轮式的屋顶(50) 马鞍形悬索屋顶(56) 多么吸引人的结构形式(58)

六 结束语·····(59)



一 三大革命需要大跨度建筑

打开书本，大家一定想早点知道什么是大跨度建筑结构。那就先让我们看看北京西郊的首都体育馆吧。

首都体育馆是我国目前几个大型综合体育馆之一。在这里可以举行篮球、排球、乒乓球、羽毛球、冰球及体操、击剑等精彩体育表演，还可以进行各种文艺演出和举行大型集会。在这么大的房子里没有一根柱子，也没有隔墙支承屋顶。这种房屋空间大，而里

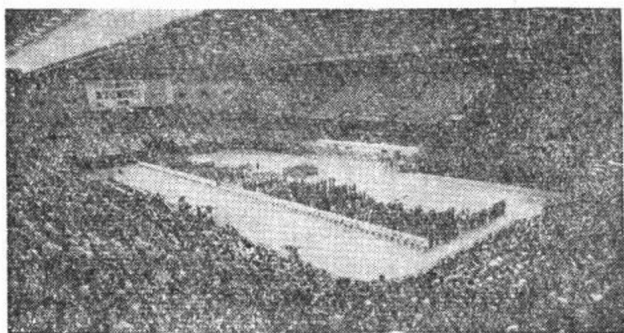


图1 首都体育馆比赛厅内景

面又没有柱子和墙的建筑物就是一种大跨度结构建筑。

大家一定要问：为什么中间没有柱子，能做成那么大的屋顶呢？

在讨论这些问题以前，我们先具体地谈一谈，什么是建筑结构和跨度。

什么叫建筑结构和跨度

在我们日常生活中，经常会接触到各种各样的建筑物。例如，宿舍、厂房、仓库、电影院、体育馆，等等。这些名目众多的建筑物，尽管它们的外形、大小不同，但是只要我们仔细地观察和分析一下，就会发现：它们都是由基础、墙或柱子、楼板和屋顶等部分组成的。这些组成部分各有各的作用。屋顶和外墙构成了房屋的外壳，起着挡雨、挡雪和隔寒、隔热的围护作用；楼板和内墙把房子分成楼层和房间，起着分隔作用。房子上又受着各种各样的力的作用，例如，人和物的重力、房子本身的重力、积雪的重力、还有风力和地震力等等。房子的楼板、梁、墙、柱和基础等承受着这些力量，起着承重作用。在房屋中起着承重作用的部分就叫做建筑物的结构。

图 2 中画的结构是我国建筑的一种传统作法，也



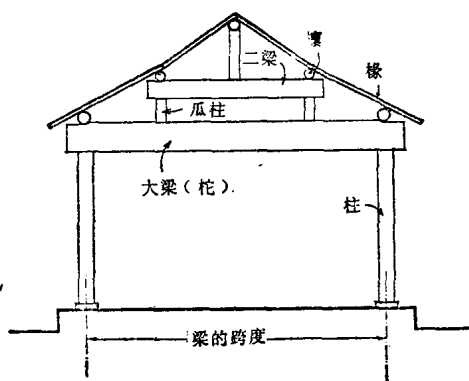


图 2

是大家都比较熟悉的一种房子的结构。柱子立起来放上大梁，大梁上面再架上瓜柱、梁、檩、椽子，这样承重结构就算完成了。梁的两端搭在柱子上，梁跨越的

空间，也就是两根柱子之间的长度，就叫做房子的跨度。

现代屋顶承重结构种类繁多，它是千百年来劳动人民在长期的生产实践中不断总结和创造的。屋顶结构除梁以外，常见的还有屋架和拱等。

在一个建筑物中，屋架和拱的任务也和梁一样，是跨过一个空间来承托着上面的重量。它们所跨过的空间长度，也就是这种

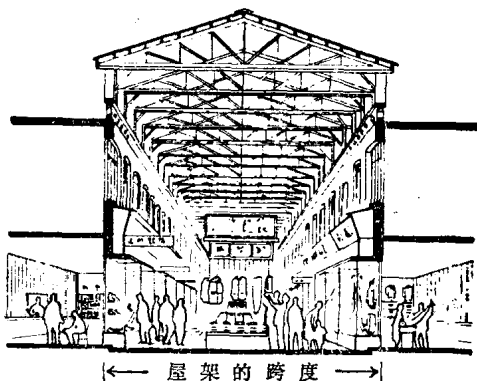


图 3

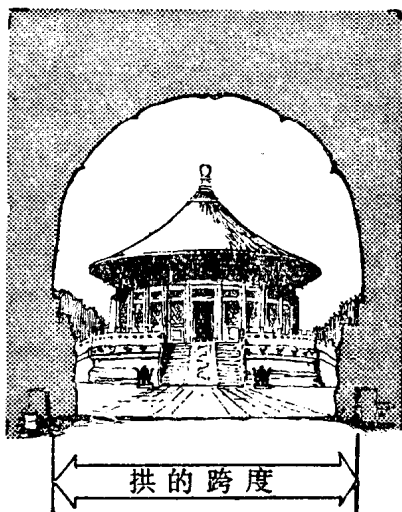


图 4

结构的跨度。

建筑结构的跨度，小的只有几米，大的有几十米，再大的可超过一百米。

大跨度结构是人类社会发展的需要

随着广大劳动人民的生活水平逐步提高，我国市场到处都是一片繁荣昌盛的景象。在百

货商场、菜市场里，每天都会有人数众多的顾客出入这里。为了方便广大的顾客和适应供销两旺的形势，我们会感觉到除了货品出售占去的那部分面积外，还应该有一条宽敞的通道，使广大顾客通行方便，不会拥挤和堵塞；还要方便顾客使他们进门来就能很容易地看到要买的东西在哪里。这样就向建筑物提出要求，尽量减少内部的隔墙和柱子，增大建筑物的跨度。

火车站也是这样，每天都有成千上万的乘客从五湖四海来到这里，通过这里到祖国的四面八方。迎送



一些国际贵宾的仪式也要在这里举行。这就不仅需要良好的光线和通风，还必须要有一个很大的空间，建筑物也必须满足这些要求。

为了适应毛主席提出的“**发展体育运动，增强人民体质**”和中外体育交流的要求，大型体育馆在我国各地日益增多。大型体育馆对大跨度屋顶的要求就更强烈了。我们在体育馆中观看各种体育表演和比赛，无论我们坐在任何角度的位置上，都要能够清楚地看到整个比赛场地。试想如果在体育馆内出现一根根柱子，那么就会挡住人们的视线，影响观看。影剧院、展览厅、会场等也由于这方面的原因，要求增大建筑物的跨度。

大型工业厂房也是同样，在工业部门中由于技术水平的提高，产品的改变也会引起生产设备的改变。旧有的工业厂房往往由于过多的柱子，成了改变工艺流程的障碍。为了适应工业发展的需要，使工业厂房中场地灵活，交通运输车辆来往畅通无阻，也要求增大工业厂房的跨度。

由于三大革命的需要，对于建筑跨度的要求日益增大。要多快好省地解决大跨度屋顶结构的问题，一般常用的建筑材料和结构形式是难以实现的，必须寻求更好的建筑材料和更合理的结构形式。

二 梁的应用与发展

最早的梁——木梁

木材是自然生长而成的，取材容易，是一种又轻又结实的建筑材料。我们的老祖先在使用石器的时候就知道用树干搭棚子，它的发展至少有几十万年的历史。因此，木梁在各种房屋结构中可以称得上是梁的老祖宗了。在农村和林区，盖一般小跨度的房子时，直到今天还被普遍地应用着。

同样的梁为什么受力不一样

要想增大房子的跨度，梁就得加粗，这个道理是我们大家所熟知的。那么，怎样加粗才最合理呢？

两根大小完全一样，材料相同，截面为长方形的木梁，一根平放，一根竖放，上面加同样重的重物（如图5）。当重量逐渐增加时，平放的梁首先被压弯了，接着又被压断；

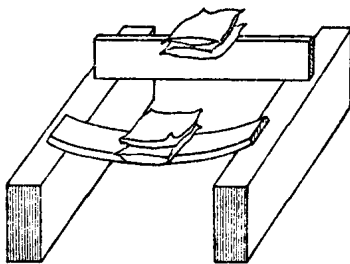


图5 梁的受力情况



而竖放的梁这时却安然无恙。这是怎么回事呢？

要了解这个问题，我们得先讲一点材料力学的知识，这对于我们阅读本书的后半部分也是必要的。

应力和强度 把篮子吊在横杆上和用起重机吊起一个钢筋混凝土梁，都是用一个外力去拉绳子。大家在物理学中学过作用力和反作用力的道理，这时绳子内部就要产生一种大小相等，方向相反的内力来抵抗外部的拉力。在材料力学中把它叫做“拉应力”。应力的大小是用作用在单位面积上的力量来表示的。由于内力的大小等于外力，如果我们假想把绳子切开一个截面，当拉应力均匀地分布在绳子的截面上时，我们只要把外力的大小除以绳子的截面面积，就得出拉应力的大小了。当篮子是 10 公斤，绳子截面是 0.5 厘米^2 ，这时的拉应力是：

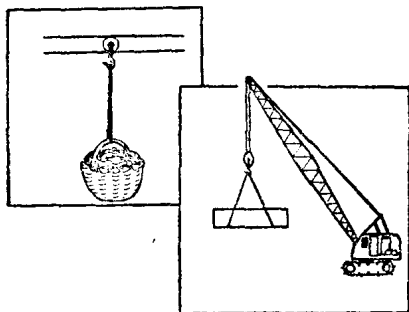
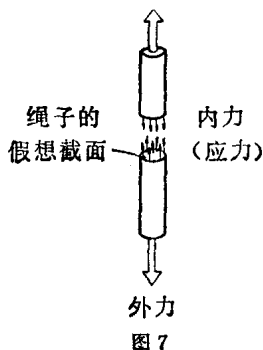


图 6 应力的产生



$$\frac{10 \text{ 公斤}}{0.5 \text{ 厘米}^2} = 20 \text{ 公斤/厘米}^2$$

各种材料都有它的强度，强度就等于它可能抵抗的最大应力。当绳子的拉应力超过它的抗拉强度时，绳子就断了。

梁截面上的应力 一个梁的受力情况要比“受拉伸”作用的绳子复杂多了。梁承担着屋顶上面的重量以及梁自己的重量，这些重量叫做梁的“荷载”。荷载加到梁上，使梁受到一种“弯折”作用，在力学上就叫做产生了“弯矩”。梁必须能够抵抗住外力作用下产生的“弯矩”，才能保证安全。梁是怎样抵抗荷载产生的弯矩呢？

一个两端搭在柱或墙上的梁，加上荷载后它就要向下弯。如果我们把一块橡胶做成一个矩形梁的样子，表面上用横竖线画出正方格子，用它来代表梁。我们给它加上荷载以后，就发现它弯曲了。横竖线交成的小方格发生了很大的变形，其中竖线仍为直线，但它转了一个角度；横线不再为直线了，而变成弧线了。梁

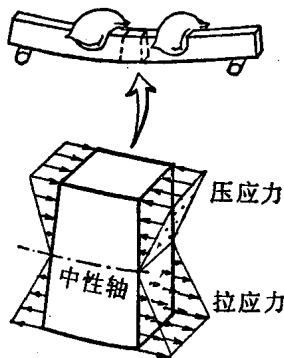


图8 梁中应力的分布

上半部的横线比原来短了；梁下半部的横线则比原来长了；而梁的中间部位有一条线既不伸长也不缩短。

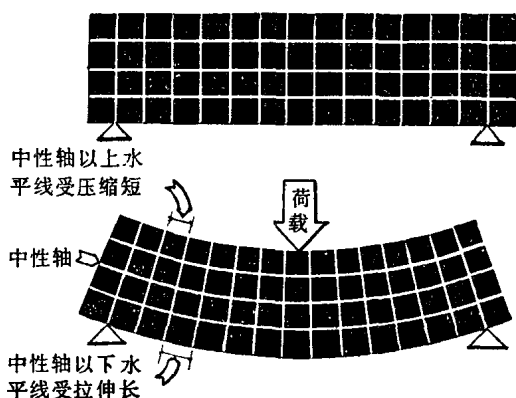


图9 为了观察梁中应力的分布，在用橡胶作的矩形梁表面上画出正方格子，加上荷载后，用来示意梁截面上应力分布。

任何一种材料受到压力

都会变短，受到拉力都会伸长，只不过程度不同罢了。橡胶条是弹性材料，变形的大小是和受力的大小成比例的。这种梁上部横线变短说明那里产生着压应力，下面变长说明那里产生着拉应力。中间长度不变的地方就说明既没有受压，也没有受拉，在材料力学中把它叫做“中性轴”。

从橡皮梁上可以看出距离中性轴越远，横线变形就越大，产生的压应力和拉应力也就越大。图8表示从假想的受弯梁中间部位切下来一小段，在弯曲的梁中，这一小段梁的两端截面上所作用的压应力和拉应力就象图8中那样分布着。梁截面上的应力分布比前面讲过的绳子要复杂得多。它们好象是推起重物的绞

磨，磨中心是中性轴，这些力形成一个力偶，它与外力产生的弯矩对持，保持梁的平衡，叫做“截面抵抗矩”。要想加大梁的抵抗矩一个办法是：改换力气大的人推，但是梁截面上、下边缘的应力最大只能等于材料的强度，这时梁的抵抗矩也达到了最大值，外力产生的弯矩如果再加大，边缘应力就要超过材料的强度，梁也就要断了。换力气大的人也就是换高强度的材料。加大梁的抵抗矩的另一个办法是多加人，这就是把梁截面加宽。再一个办法是加长推磨的杠杆，这样不但可以多站人，而且距离磨心越远，推磨的作用越大，这就是增加梁的高度。

跨度加大，梁应当怎样加粗呢？

按材料力学的理论，一个矩形截面的梁能抵抗的最大弯矩决定于材料的强度、梁截面的宽度以及梁截面的高度。材料强度增加一倍或是梁截面宽度增加一倍时，梁的最大抵抗矩也增加一倍；但当梁的高度增加一倍时，梁的最大抵抗矩不是增加一倍，而是增大到原来的四倍。梁的最大抵抗矩和梁高的平方成正比。举一个例子来说：用松木制作的梁，设计允许使用的最大应力100公斤/厘米²，荷载都是沿梁长方向分布，每米长200公斤。当梁高度、宽度都是10厘米的时候，跨度可达2.58米；当梁高为10厘米宽为20厘米的

