

建筑力学

上册

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书按照建筑物结构的实际情况，通过对各种典型构件的分析研究，阐述一些力学理论和计算方法，以为结构设计的学习和应用提供基础。

本书上册主要对荷载和支座反力、屋架的内力和节点连接、梁的内力和弯曲变形等进行分析 and 计算。下册除继续以构件为对象阐述斜梁、斜弯曲、偏心受压等力学基本理论和计算方法外，还对超静定结构介绍了力法、形变法和弯矩分配法等基本原理和计算方法。

本书可作为建筑工程职工业余大学的力学教材，也可供建筑战线具有中学文化水平的工人、干部和技术人员自学之用，并可作为土建专业中专学生的参考读物。

2074/14

館

重印说明

建国以来,我们的社会主义建设事业,不断发展,基建战线当然也不例外。随着这种客观形势的发展,基建战线的工人、干部和技术人员学习业务,学习技术的要求也就日趋迫切。本书就是为基建战线具有中学文化水平的读者,提供一些建筑力学方面的基础知识而编写的。读者通过学习,获得一定的建筑力学知识以后,就可以继续学习结构设计方面的理论和方法。

基于上述情况,本书编写时,曾考虑到两个方面的因素。一方面是比较多地将力学理论和建筑结构联系起来,这对基建战线的职工说来,既是可能的,也是必要的。另一方面考虑到读者的文化水平,尽可能地把力学理论叙述得简明一些,并避免了一些高等数学的推导。

参加本书编写工作的有马立生(第一、四章),陈雪民(第二、三章),薛章标(第五章)等同志,并由马立生主编。

当前各条战线的职工,正在努力学习业务,学习技术。因此本书再次重印发行。这次重印,对原有讹误之处,作了一些订正。但限于时间,对原有的内容和体系未作增删和改动,因而错误缺点,仍所难免。不妥之处,欢迎批评指正。

1980年8月

目 录

第一章	结构、荷载和内力	1
第一节	结构、构件和荷载	1
第二节	力的基本概念	2
第三节	荷载的简化和计算	5
第四节	支座的简化和支座反力	12
第五节	力的计算基本规律	16
第六节	支座反力的计算	21
第七节	结构计算简图	34
第八节	变形和内力	42
第九节	复习提纲	48
第二章	屋架的内力分析	53
第一节	概述	53
第二节	几何组成及稳定性	55
第三节	数解法	59
第四节	图解法	72
第五节	表解法	85
第六节	强度及稳定性计算	86
第七节	屋架合理外形的讨论	100
第八节	复习提纲	102
第三章	节点的连接、剪切及挤压	106
第一节	概述	106
第二节	剪切的应力应变关系	108
第三节	铆接计算	110
第四节	螺栓连接计算	116

• I •

第五节	齿接计算	118
第六节	焊接计算	123
第七节	复习提纲	130
第四章	梁的受力分析	132
第一节	梁的工作情况	132
第二节	梁截面上的内力计算	133
第三节	内力图——弯矩图和剪力图	139
第四节	荷载、剪力、弯矩之间的关系	151
第五节	梁弯曲时截面上的正应力	154
第六节	平截面的几个几何性质	161
第七节	梁的强度计算	178
第八节	梁弯曲时截面上的切应力	183
第九节	梁截面合理型式的讨论	187
第十节	复习提纲	190
第五章	梁的弯曲变形	193
第一节	概述	193
第二节	梁弯曲变形的形式	194
第三节	功和功能原理	195
第四节	位移公式	203
第五节	图形相乘法	206
第六节	图解解析法	219
第七节	迭加法	226
第八节	梁的刚度计算	230
第九节	复习提纲	236
附录		239

第一章 结构、荷载和内力

第一节 结构、构件和荷载

人们为了生活和生产的需要,建造了各种各样的建筑物。建筑物在使用过程中除了起围护作用外,还要受到各种各样力的作用。图 1-1 表示一个车间的受力结构,它是由屋架、梁、柱子、基础等部分组成。屋架承受风压、积雪以及屋面材料的重量。屋架受力后,连同它本身的自重,把力传给柱子。柱子除受这些力外,还受到吊车梁和起吊工件的重量,最后把所有的力传给基础。所有作用在结构上的力,统称为荷载;支承这些荷载而起承重作用的就称为结构;结构的各个组成部分

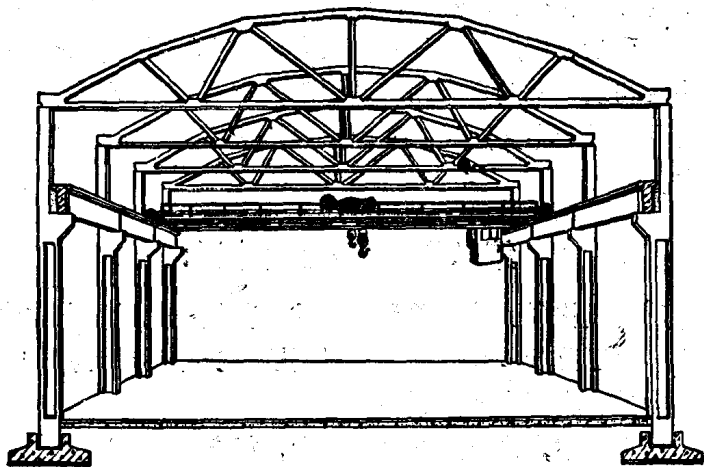


图 1-1

称为构件。图中从屋架到基础总称为这个车间的承重结构，其中屋架、吊车梁、柱子、基础每一部件称为构件。

结构(构件)在承受荷载时，如果受力过大，超过了它的承载能力，就有可能造成建筑物的较大变形，以致破坏倒塌。为了保证建筑物在使用过程中的安全，而又符合经济、实用的要求，我们就必须对构件受力后的情况进行分析计算，从而决定它的形状和尺寸。对结构承受荷载后进行受力分析，就是建筑力学的内容，根据受力分析的结果和材料性能来决定结构的形状和尺寸，则是结构设计任务。一般说来，选用优质大材，当然可以保证结构的安全使用，但是我们的社会主义建设方针是“多、快、好、省”，既不允许忽视安全，又不应该造成浪费。这就要求我们对安全和经济这两方面的辩证关系有一个正确的认识，从而妥善地加以解决。千百年来，劳动人民在他们的生活和生产实践中，对于建筑物的受力情况，积累了丰富的宝贵经验。在这些实践经验的基础上，又经过科学家们的总结和提高，这就形成了今天建筑力学和结构设计的系统理论。应用这些理论，就有可能比较妥善地分析和解决结构设计中安全和经济的矛盾。学习这些理论，再把它应用到社会主义建设的实际中去，这就是我们的任务和目的。

第二节 力的基本概念

建筑结构(构件)是承受荷载的，荷载就是作用在构件上的力。为了分析构件的受力情况，从而进一步作结构设计，必须对力的基本概念有所了解。

图 1-2 中，吊车放在吊车梁上，吊车梁放在柱子(牛腿)上。吊车(连同起吊工件)的重量就是吊车梁的荷载，或者说

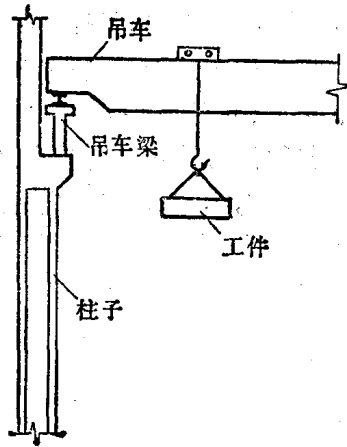


图 1-2

吊车梁所受的力就是吊车的重量。吊车梁的重量（包括它所受的吊车重量）就是柱子的荷载，也可以说柱子（在牛腿部分）所受的力就是吊车梁的重量。同时，吊车梁对吊车，柱子对吊车梁，也有反作用力。由此可见，力是两个物体之间的机械性质的相互作用，离开了物体的相互作用，也就无所谓力。图中当吊车开动时，就可以把原来放在地面上的工件吊至空中，这就是工件受到了吊车的力，从静止而移动，亦即受力物体的机械运动状态有了改变。又如当吊车重量过大，吊车梁受力后很可能在两柱之间发生弯曲现象（图 1-3），这就是受力物体的形状有了改变。劳动人民在长期的生产和生活实践中对力的这些作用和印象逐步加深并予以系统化，于是就总结出力

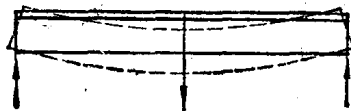


图 1-3

的定义为：“力是两个物体之间的机械性质的相互作用，这个作用的效果将是受力物体的机械运动状态和形状的改变。”

力对物体的作用（不论是改变受力物体的运动状态还是改变物体的形状），根据作用时的方式不同，其效果当然也不一样，从下面实践的经验，可以看出决定力的效果的几个因素。用扳头扳动六角螺帽，是一种常见的操作，在操作中，可发现以下三种情况(图 1-4)：

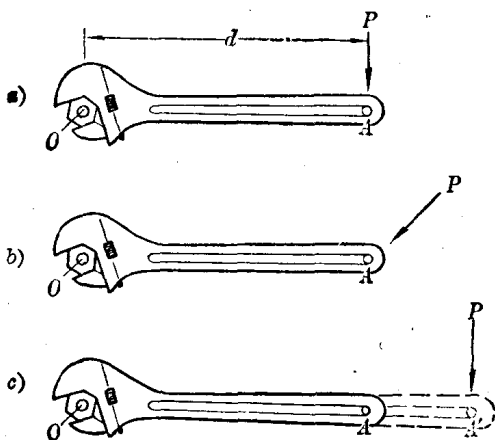


图 1-4

(1) 力 P 越大，拧紧(或松动)螺帽的效果越大。

(2) 力 P 垂直 OA 线作用时，效果要比倾斜于 OA 好。

(3) 为了加强拧紧(或松动)的效果，常常在扳手柄上加一个套筒(图 1-4c 的 AA')，使力 P 的作用点到螺帽中心的距离加大，这样，效果就会更好一些。

把上面三种情况总结起来，就可以看出，力对物体作用的效果取决于大小、方向、作用点三个因素。这三个因素中的任一因素发生改变，都将改变力的作用效果。于是，我们就把

这三个因素：大小、方向、作用点称为力的三要素。

由于力的作用效果是由三个要素决定，所以表达一个力，就要把这三个要素表示出来。在作力的分析讨论时，用一定的图式把它们表示出来，使之便于研究，就称为力的图示法。通常我们用一个一端带有箭头的直线表示一个力；线段的起点（或终点）表示力的作用点，线段的长短（按事先选定的比例）代表力的大小，线段和一定直线的夹角以及它的箭头指向表示力的方向。图 1-5 是一个作用在 A 点的、和水平线成 30° 方向的、大小为 20kg（公斤）的力的图示。图中选定的比例是 1cm （厘米）= 10kg，所以 AB 线段之长为 2cm。

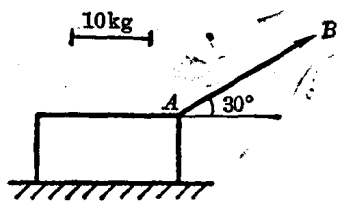


图 1-5

应用力的图示法时，应该注意到力是一个既有大小，又有方向的度量，这种量称为矢量或向量。也有一些度量是只有大小，没有方向，例如温度就是，这样的量称为标量。矢量和标量的计算方法不同。

第三节 荷载的简化和计算

建筑结构的构造、作用在构件上的荷载——力，都是一些具体而复杂的事物，如果按照它原封不动地来分析计算，往往比较困难，甚至是不可能的。所以在分析结构的受力情况时，常常去粗取精、由表及里地对它们（结构和荷载）加以抽象和简化，略去其次要和影响不大的因素，而将本质的东西表达出来，绘制成计算简图分析研究。列宁说过：“物质的抽象，自然规律的抽象，价值的抽象以及其他等等，一句话，一切科学的（正确的、郑重的、非瞎说的）抽象，都更深刻、更正确、更完全”

• 5 •

地反映着自然。”所以我们对结构、荷载的科学抽象和简化，不但是可能的，而且是必要的了。

任何建筑结构总是具有一定的构造型式，并且是安放在一定的支座上面的。这样，它才可以稳固地承受荷载，而达到正常使用的目的。因此，一般的结构计算简图，就应该包括三个方面的简化工作：荷载的简化，结构的简化和支座的简化。

荷载就是力，我们了解了力的要素和图示法以后，就可以用一根带有箭头的直线来表示一个荷载的作用，画出图形来。

图 1-6 就表示吊车梁所受吊车（连同工件传来的力）荷载的情况。

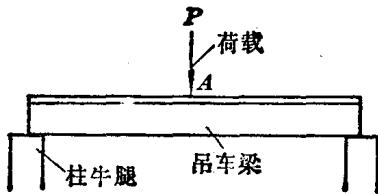


图 1-6

这里，带有箭头的直线就表示荷载，直线的方向说明荷载是垂直作用的，箭头的指向，说明荷载力的作用是向下方的。荷载力的作用位置就在 A 点，至于力的大小，

除去图解法外，在简图上是表示出来而用数字直接写出来的〔例如 $P=10t$ （吨）〕。

荷载当然不会都象图 1-6 那样简单的，但是建筑结构的荷载是风雪、地震、货物、设备、人群和构件的自重作用。这些荷载根据其作用时间的情况，可以分为静荷载和活荷载两大类。所谓静荷载就是在结构整个使用过程中都存在而数值不变的作用力，构件的自重就是静荷载。所谓活荷载就是在结构使用过程中经常变化的荷载，如风雪、吊车、人群等作用的力都是结构的活荷载。无论是静荷载还是活荷载，它们作用在结构上时，总要以一定的形式出现，按照荷载作用的不同形式，又可以把它们分为分布荷载和集中荷载两大类。集中荷载就是这样的荷载，它的作用范围很小，可以看成全部作用力

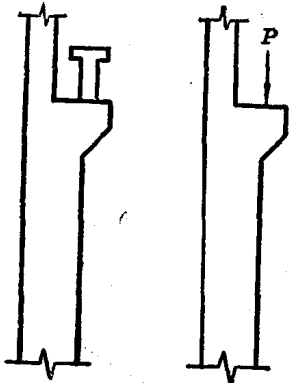


图 1-7

集中于一点加在受力结构上。吊车通过轮子把荷载作用在吊车梁上，就是一个集中荷载，我们可以用一个带有箭头的直线把它表示出来，如图1-6中 P 所示的情况。又如吊车梁搁置在柱子的牛腿上，牛腿所受吊车梁的力，也是一个集中荷载(图1-7)。

另外还有一些荷载，不是集中一点加在受力结构上，而是通过一个较大的接触范围(一块面积或一段长度)均匀地或不均匀地加在受力结构上，这样的荷载称为分布荷载。在作屋面结构设计时，首先要计算屋面上的荷载。屋面上除去风雪等活荷载外，静荷载就是屋面材料的自重。一般说来，构件材料的自重，总是平均地布满在构件的全部面积上，所以这种荷载就称为均布面积荷载。它的计量就是单位面积上的公斤数，符号是 kg/m^2 (公斤/米²)。图1-8是一块 YWA-1 预应力钢筋混凝土屋面板，它的尺寸是 $1490 \times 5970\text{mm}$ (毫米)，每块板的自重是 1.1t 。自重是因制板材料(钢筋混凝土)而产生的，所以它是平均分布在板的全身，即板的每一小块单位面积上。这个均布面积荷载就计算为

$$p_1 = \frac{1100}{5.97 \times 1.49} = 123\text{kg}/\text{m}^2$$

另外，屋面还要设置防水层，防水层材料(沥青、油毡、绿豆砂等)查规范为

$$p_2 = 30\text{kg}/\text{m}^2$$

防水层上再加 20mm 厚水泥砂浆找平，水泥砂浆的重量

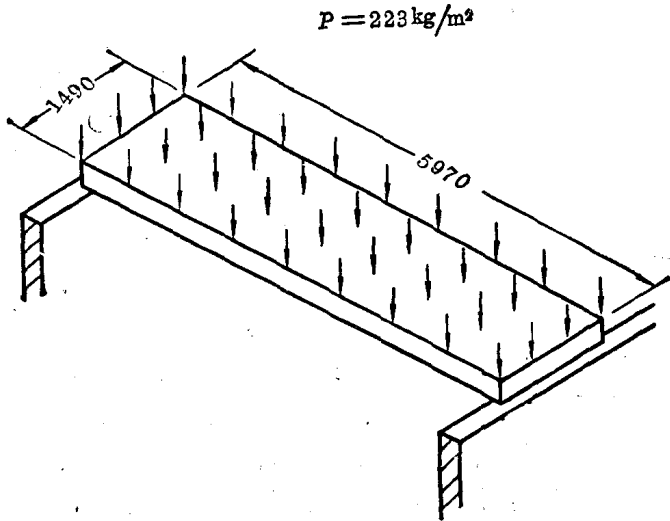


图 1-8

即容重 $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$ (按标号查规范), 则这一部分材料的自重应为

$$p_3 = 2000 \times 0.02 = 40 \text{ kg/m}^2$$

最后再考虑雪荷载(按地区查规范)为 30 kg/m^2 , 总计得出板上全部面积均布荷载为

$$p = 123 + 30 + 40 + 30 = 223 \text{ kg/m}^2$$

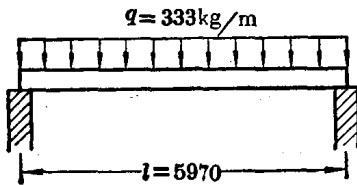


图 1-9

在计算板的强度时, 还需要把全部面积荷载, 化成沿跨度每米长度内的均布线荷载, 才便于计算。从全部面积荷载化成沿跨长的线荷载(图 1-9), 就是乘以板的宽度。

$$q = 223 \times 1.49 = 333 \text{ kg/m}$$

例 1-1 计算决定图 1-10 所示阳台挑梁的荷载。阳台板上的活荷载为 250 kg/m^2 ，阳台板尺寸为 $1.5 \times 2.5 \times 0.1 \text{ m}$ ，20mm 水泥砂浆面层（板为钢筋混凝土 $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$ ，砂浆 $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$ ），栏杆柱每根重 50 kg 。挑梁自重不计。

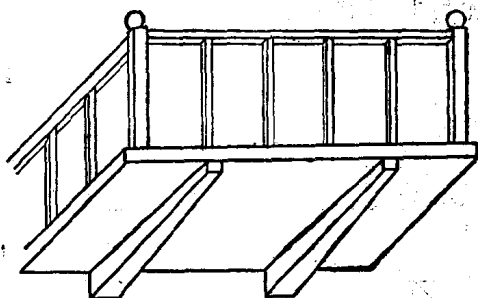


图 1-10

解：1. 计算阳台板上全部面积荷载

(1) 活荷载 $p_1 = 250 \text{ kg/m}^2$

(2) 阳台板自重

$$p_2 = \frac{1.5 \times 2.5 \times 0.1 \times 2400}{1.5 \times 2.5} = 240 \text{ kg/m}^2$$

(3) 面层砂浆

$$p_3 = \frac{1.5 \times 2.5 \times 0.02 \times 2000}{1.5 \times 2.5} = 40 \text{ kg/m}^2$$

(4) 面积荷载总值

$$p_1 + p_2 + p_3 = 250 + 240 + 40 = 530 \text{ kg/m}^2$$

2. 计算挑梁上面承受的荷载时应注意：

(1) 每根挑梁承受阳台板的一半面积荷载

(2) 这种荷载必须化成沿跨度的均布线荷载

$$\begin{aligned} \therefore q &= 530 \times 1/2 \times 1.5 \times 2.5 \div 1.5 \\ &= 530 \times 1/2 \times 2.5 = 663 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

上式最终化简为 p 乘以 $\frac{1}{2} \times 2.5$, 就是板宽 2.5 m 的阳台板下每根挑梁所承受的线荷载值。

4. 在挑梁端部尚须承受栏杆柱的集中荷载 $P=50\text{kg}$, 所以挑梁荷载如图 1-11 所示。

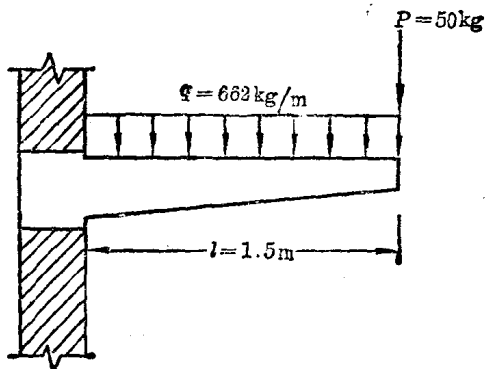


图 1-11

例 1-2 计算图 1-12 屋面结构中 $8 \times 15\text{cm}$ 钢筋混凝土檩条的荷载。根据荷载规范, 机平瓦为 55kg/m^2 , 油毡、屋面板等为 8kg/m^2 (以上沿屋面倾斜面积分布), 雪荷载按地区规定为 30kg/m^2 (按屋面水平投影面分布), 檩条自重 $\gamma=2400\text{kg/m}^3$ 。

解: 计算檩条强度时, 所要的最终荷载是均布线荷载, 即沿檩条长的每米公斤数。据屋面结构图可知, 檩条间矩为 745 mm。以檩条长 1 m 乘以间距 0.745 m 所得的面积荷载即为沿檩条长度每米的均布线荷载之值。所以计算如下:

1. 静荷载:

(1) 机平瓦 $55 \times 0.745 = 41\text{kg/m}$

(2) 油毡、屋面板等

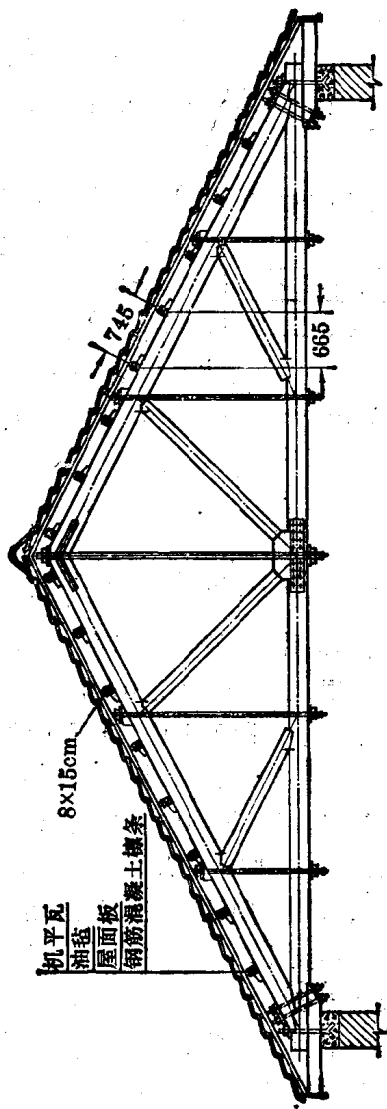


图 1-12