

建筑工程系列书

材料力学

孔喜新 孙庆文 潘光明 编

华南工学院出版社

本书是在华南工学院建筑力学教研组一九七八年编的《建筑力学》基础上,根据一九八五年审定的土建类《高等教育自学考试材料力学考试大纲》的要求编写的。

全书共分十一章,阐述了材料力学的基本课题,包括了全国材料力学自学考试大纲所含的全部内容。叙述详尽、由浅入深、通俗易懂,例题多,便于自学。

本书除可作自学考试用书外,也可作中等学时的土建类各专业全日制、电大、业大、夜大的教材。

建筑工程系列书

材料力学

孔喜新 孙庆文 潘光明 编

*

华南工学院出版社出版

(广州 五山)

广东省新华书店发行 广州红旗印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张:23 字数:531千

1986年11月第1版 1986年11月第1次印刷

印数:1—14,000

书号:15410·018 定价:4.95元

编 辑 说 明

“建筑工程系列书”是本社为适应多层次、多种形式办学需要，针对高等学校工科建筑工程专业教学要求而编辑出版的试用教材和主要教学参考书。这些书均结合考虑大专要求和成人教育的特点，由具有较高学术水平和丰富教学经验的教授编写或审稿。其特点是，内容上注意联系实际，释疑解难，深入浅出，并附有思考题或实验技术指导，便于自学，特别适用于成人高等教育的各种形式（大专班、函授、刊授、电大、夜大、业余大学等）的教学需要。有部分书特别注明与本科通用。

“建筑工程系列书”的种类和计划出版的时间是：

- 一、《建筑工程测量》（本科和专科通用，1985年出版）
- 二、《建筑结构选型》（主要参考书，1985年出版）
- 三、《建筑材料学》（本科和专科通用，1986年出版）
- 四、《理论力学》（1986年出版）
- 五、《材料力学》（1986年出版）
- 六、《结构力学》（1986年出版）
- 七、《材料力学解题指导》（建筑类和机械类本科、专科通用，1986年出版）
- 八、《钢筋混凝土与砖石结构》（附习题集，本科与专科通用，1987年出版）
- 九、《机械零件与建筑机械》（本科与专科通用，1987年出版）
- 十、《建筑经济与企业管理》（本科与专科通用，1987年出版）
- 十一、《钢结构》（本科与专科通用，1986年出版）
- 十二、《城市规划》（主要参考书，1986年出版）

编辑出版这门学科的一系列试用教材，对我们来说，是一个新的尝试，恳切地希望广大读者和师生能提出宝贵意见。

华南工学院出版社

5106

前 言

本书是根据一九八五年一月在济南召开的土建类专业基础课课程自学考试大纲审定会讨论通过的工业与民用建筑专业专科“材料力学”自学考试大纲编写而成的，可作为材料力学的自学用书，也可作为全日制或业余大学、夜大学工民建专科以及中等学时的其他土建类专业“材料力学”课程的教材。为方便自学，本书力求做到内容详尽、通俗易懂和由浅入深，并且为指导广大读者自学，使读者更好地掌握分析与解决材料力学问题的基本方法，提高解题能力，书中安排了较多的例题，在例题中较详细地阐述了解题的思路与步骤，作出分析与讨论。每一章后面还附有小结、思考题和习题，在书后附录中给出习题答案，以便于读者掌握重点和自我检查。当然，使用本书作教材时，也并不是本书的全部内容都是课堂所必讲的，完全可以由使用本教材的教师根据教学大纲的要求和实际情况加以取舍。

本书由孔喜新主编。编写分工如下：孔喜新——第一、二、三、四章；潘光明——第五、六、七章和附录 I；孙庆文——第八、九、十、十一章。全书初稿经华南工学院建筑工程系何逢康教授审阅。书中插图由聂健强描绘。

编 者

1986年1月于华南工学院建工系

主 要 符 号 表

符 号	意 义	常 用 单 位
A	截面面积	m^2, cm^2, mm^2
A_j	净截面面积	m^2, cm^2, mm^2
a	加速度	m/s^2
a_n	向心加速度	m/s^2
d	直径	m, cm, mm
E	材料的弹性模量	$GN/m^2(GPa)$
e	偏心距	m, cm, mm
f_{max}	梁的最大挠度	mm
G	材料的剪切弹性模量	GN/m^2
g	重力加速度	m/s^2
I_x, I_y	截面惯性矩	m^4, cm^4
I_{xy}	截面惯性积	m^4, cm^4
I_p	截面极惯性矩	m^4, cm^4
K	安全系数	
K_d	动荷系数	
l	杆长, 梁的跨度	m
M, M_x, M_y, m	力矩, 弯矩, 外力偶矩	$N \cdot m, kN \cdot m$
m	分布外力偶矩集度	$N \cdot m/m, kN \cdot m/m$
M_k	扭矩	$N \cdot m, kN \cdot m$
M_e	屈服弯矩	$N \cdot m, kN \cdot m$
M_p	极限弯矩	$N \cdot m, kN \cdot m$
M_{xi}	相当弯矩	$N \cdot m, kN \cdot m$
N	轴向力	N, kN
P	集中力	N, kN
P_e	屈服荷载	N, kN
P_p	极限荷载	N, kN
P_k	压杆临界荷载	N, kN
p	活荷载集度	$N/m^2, kN/m^2, N/m, kN/m$
	基础底面平均压应力	$N/m^2(Pa), kN/m^2(kPa)$
p_{max}	基础底面最大压应力	$N/m^2(Pa), kN/m^2(kPa)$
Q	剪力	N, kN
q	分布荷载集度	$N/m, kN/m$
R	合力, 反力	N, kN
	地基土壤容许承载力	$N/m^2(Pa), kN/m^2(Pa)$
r	半径、截面回转半径	m, cm
	交变应力的循环特征	
R_g	钢筋抗拉设计强度	$N/m^2(Pa), MN/m^2(MPa)$
R_t	砖石砌体轴心抗拉强度	$N/m^2(Pa), MN/m^2(MPa)$
R_w	砖石砌体弯曲抗拉强度	$N/m^2(Pa), MN/m^2(MPa)$
S_x, S_y	截面面积静矩	m^3, cm^3

续表

符	号	意	义	常	用	单	位
U		变形能, 应变能		$N \cdot m$, $kN \cdot m$			
u		比能		$N \cdot m/m^3$, $kN \cdot m/m^3$			
u_v		体积改变比能		$N \cdot m/m^3$, $kN \cdot m/m^3$			
u_x		形状改变比能		$N \cdot m/m^3$, $kN \cdot m/m^3$			
V		反力		N , kN			
		体积		m^3 , cm^3			
W		功		$N \cdot m$, $kN \cdot m$			
		重量		N , kN			
W_x , W_y		截面抵抗矩 (抗弯截面模量)		m^3 , cm^3			
W_t		受扭截面抵抗矩 (抗扭截面模量)		m^3 , cm^3			
W_p		截面塑性抵抗矩		m^3 , cm^3			
x , y , z		坐标轴					
α , β		角度		$^\circ$, rad			
γ		角度		$^\circ$, rad			
		剪应变					
		容重		N/m^3 , kN/m^3			
Δ		线位移		cm , mm			
δ		线位移		cm , mm			
		伸长率					
ε		线应变					
ε_1 , ε_2 , ε_3		主应变					
ε°		极限应变					
θ		角位移		$^\circ$, rad			
		单位长度扭转角		$^\circ/m$, rad/m			
		体积应变		$1/m^3$			
λ		长细比					
μ		横向变形系数					
		压杆计算长度系数					
ρ		曲率半径		m , cm			
σ		正应力		$N/m^2(Pa)$, $MN/m^2(MPa)$			
σ_1 , σ_2 , σ_3		主应力		$N/m^2(Pa)$, $MN/m^2(MPa)$			
σ_p		比例极限		同		上	
σ_e		弹性极限		同		上	
σ_s		屈服极限		同		上	
σ_b		强度极限		同		上	
$\sigma_{0.2}$		名义屈服极限		同		上	
σ_k		压杆临界应力		同		上	
σ_{xd}		相当应力		同		上	
σ_w		弯曲正应力		同		上	
σ_c		静应力		同		上	

续表

符 号	意 义	常 用 单 位
σ_d	动荷应力	$\text{N/m}^2(\text{Pa}), \text{MN/m}^2(\text{MPa})$
σ_r	疲劳极限	同 上
$[\sigma]$	容许应力	同 上
$[\sigma_r]$	疲劳容许应力	同 上
$[\sigma_l]$	木材顺纹受拉容许应力	同 上
$[\sigma_a]$	木材顺纹受压容许应力	同 上
$[\sigma_w]$	木材受弯容许应力	同 上
$[\sigma_c^m]$	铆钉挤压容许应力	同 上
$[\sigma_t^h]$	焊缝受拉容许应力	同 上
τ	剪应力	同 上
$[\tau]$	剪切容许应力	同 上
$[\tau^m]$	铆钉剪切容许应力	同 上
$[\tau^h]$	对接焊缝剪切容许应力	同 上
$[\tau_t^h]$	贴角焊缝剪切容许应力	同 上
ϕ	3号钢钢筋直径	mm
φ	扭转角	$^\circ, \text{rad}$
	压杆纵向弯曲系数	
ψ	面积缩减率	
ω	角速度	rad/s

目 录

主要符号表	1
第一章 绪论和基本概念	1
第一节 材料力学的任务	1
第二节 变形固体的概念及其基本假设	1
第三节 变形的描述	3
第四节 荷载的分类和计算	4
第五节 结构计算简图的概念	9
第六节 内力 截面法	12
第七节 应力的概念	14
第八节 杆件变形的基本形式	15
小结	16
思考题	17
习题	17
第二章 轴向拉伸和压缩	20
第一节 轴向拉伸和压缩的概念	20
第二节 轴向力和轴向力图	20
第三节 拉、压杆的应力	26
第四节 拉、压杆的强度条件	29
第五节 拉、压杆的变形 虎克定律	35
第六节 材料的力学性质	40
第七节 容许应力的确定	49
第八节 局部应力的概念 圣维南原理	50
第九节 拉、压的超静定问题	52
小结	59
思考题	60
习题	61
第三章 剪切	66
第一节 剪切的概念及工程实例	66
第二节 剪切的实用计算	68
第三节 铆钉连接的实用计算	68
第四节 焊接连接的实用计算	74
第五节 剪应力互等定理 纯剪切单元体斜截面上的应力	77
第六节 剪切虎克定律	79
小结	80
思考题	81
习题	81

第四章 扭转	84
第一节 扭转的概念与工程实例	84
第二节 扭矩和扭矩图	85
第三节 等直圆杆在扭转时的应力计算	90
第四节 等直圆杆在扭转时的变形计算	96
第五节 构件受扭破坏现象的力学分析	98
第六节 矩形截面等直杆纯扭转理论的主要结果	100
第七节 薄壁杆件纯扭转的近似计算	102
小结	104
思考题	105
习题	105
第五章 弯曲内力	109
第一节 梁承受荷载的特点	109
第二节 梁的计算简图	110
第三节 梁的内力——弯矩和剪力	112
第四节 弯矩图和剪力图	116
第五节 弯矩、剪力与荷载三者的关系	124
第六节 用叠加法作弯矩图	128
第七节 应用实例	131
小结	137
思考题	138
习题	139
第六章 弯曲应力	147
第一节 概说	147
第二节 梁的弯曲试验 平面假设	147
第三节 矩形截面梁正应力公式的简单推导	150
第四节 任意对称截面梁正应力公式的一般推导	153
第五节 强度条件	161
第六节 梁的剪应力公式的推导	165
第七节 梁的合理截面	173
第八节 非对称截面梁的平曲弯曲 弯曲中心的概念	176
第九节 梁的极限计算的概念	179
小结	184
思考题	185
习题	186
第七章 弯曲变形	192
第一节 弯曲变形的概念	192
第二节 用积分法求梁的变形	193
第三节 用叠加法求梁的变形	199
第四节 简单超静定梁	204
小结	205

思考题	206
习题	206
第八章 应力状态和强度理论	208
第一节 研究一点应力状态和强度理论的意义	208
第二节 平面应力状态的分析	210
第三节 平面应力状态分析的图解法——应力圆	216
第四节 梁的主应力和主应力迹线	221
第五节 复杂应力状态下的应变 广义虎克定律	224
第六节 复杂应力状态下的弹性变形能	226
第七节 强度理论	229
小结	238
思考题	240
习题	240
第九章 组合应力	244
第一节 组合应力的概念	244
第二节 弯曲与压缩组合——偏心受压	245
第三节 两个平面弯曲的组合——斜弯曲	257
第四节 弯曲与扭转的组合	261
第五节 关于叠加原理的适用范围	265
小结	266
思考题	267
习题	268
第十章 压杆稳定	273
第一节 稳定的概念	273
第二节 两端铰支压杆的临界力	274
第三节 杆端约束对压杆临界力的影响	278
第四节 欧拉公式的适用范围 超过比例极限时压杆的临界应力	285
第五节 压杆稳定校核的实用方法	288
小结	291
思考题	292
习题	293
第十一章 动荷载	295
第一节 动荷载的概念	295
第二节 等加速杆件的应力计算	296
第三节 等速旋转杆件的应力计算	298
第四节 杆受冲击时的应力计算	300
第五节 交变应力和疲劳破坏的概念	303
小结	306
思考题	307
习题	307
附录 I 截面图形的几何性质	310

第一节	截面的静矩和形心位置	310
第二节	惯性矩、惯性积和极惯性矩	311
第三节	惯性矩和惯性积的平行移轴公式	315
第四节	惯性矩和惯性积的转轴公式	319
第五节	截面的主形心轴和主形心惯性矩	320
第六节	组合截面主形心惯性矩的计算	322
小结		326
思考题		327
习题		328
附录 II	型钢表	330
附录 III	习题答案	345

第一章 绪论和基本概念

第一节 材料力学的任务

建筑物中支承荷载起着骨架作用的部分叫做结构。任何结构物或机械，不论如何复杂，都是由许许多多单个的构件组成的。要想使结构物或机械正常工作，就必须使组成它们的每一个构件在荷载作用下能满足安全的要求。所谓安全的要求，是指以下三个条件：

(1) 强度条件：在外力作用下不会破坏；

(2) 刚度条件：所谓刚度，是指构件抵抗变形的能力。刚度条件，则是指构件发生的变形不会过大，能够限制在容许的范围内。

(3) 稳定性条件：构件工作时不会突然改变其原来的工作性质或突然变形。

除了“安全”这一基本要求之外，尚需满足“经济”要求，也就是必须使构件具有最小的截面尺寸、材料用量最少。

可是，安全与经济这两个基本要求却往往是矛盾的，为了安全，一般要求多用材料；而为了经济，却必须少用材料。如何解决安全与经济之间的矛盾，达到保证安全的同时又使结构用料最省，就必须运用材料力学的知识。

材料力学就是研究构件的强度、刚度和稳定性的一门科学。它所研究的对象是单根杆件。

另外，由于构件的强度、刚度和稳定性与所用的材料的力学性质有关，两个尺寸相同、受力也一样，仅仅是材料不同的构件，将产生不同大小的变形，抵抗破坏的能力也不一样。因而材料力学还要研究材料的力学性质，而这些力学性质又只能通过试验来测定。同时，有一些单靠现有理论解决不了的问题，也得靠实验研究才能解决。因此，材料力学的研究既包括理论分析又包括科学实验，实验研究也是不容忽视的。

工程技术人员的任务就是如何正确运用材料力学的知识，对构件作出强度、刚度和稳定性的计算，合理选用材料，选择截面尺寸，使所设计的结构既安全可靠又经济合理。

第二节 变形固体的概念及其基本假设

在理论力学中，我们曾经把固体看成是绝对刚体，即假定在外力作用下，它的形状和尺寸大小都不会改变。实际上，自然界中的任何固体，包括建筑结构中所采用的材料，如钢、木、砖石、混凝土等，在外力作用下都会发生变形，它们的形状和尺寸大小总会发生或多或少的改变，甚至还可能破坏。

由前节可知，材料力学是研究构件的强度、刚度和稳定性问题的，这些问题都将与构件的变形相联系。因此，材料力学所研究的对象就不能看成是刚体，而应该看做是变

形固体。往后我们将会看到，外力和变形之间的关系的研究，在材料力学中占有特别重要的地位。

变形固体之所以能够发生变形，是由于外力作用下（或其他因素影响下），组成固体的各基本组成部分（或称质点）间的相对位置发生了改变的缘故。最明显的一个例子就是用力拉一根橡皮带（图1-1a），设该橡皮带在未受拉之前，其中A、B两质点之间的距离为 a ，在拉力 P 作用下，它们之间的距离明显地得到了改变，变为 b （图1-1b）。正是由于橡皮带中任意两质点间的距离都发生了相对的变动，结果就形成整根橡皮带产生伸长变形。可是，当撤去施加于橡皮带上的力 P 以后，橡皮带就会立即恢复到原来的样子，A、B两质点间的距离也恢复到原来的长度 a 。不仅橡皮这种材料如此，实验表明，绝大多数材料，在除去外力后，变形会消失，并能恢复到原有的形状和尺寸。变形固体的这一性质即称为“弹性”，并将这种随外力除去而消失的变形，称为“弹性变形”。

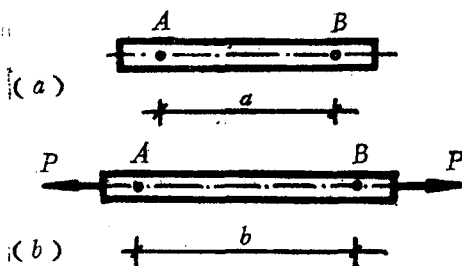


图 1-1

然而，如果变形固体所受的力过大，超过一定限度时，则外力除去后，它并不会完全恢复到原来的形状，而将残留下一部分不会消失的变形，这种外力除去后仍不能消失的变形，我们称为“塑性变形”，也叫“残余变形”。例如，在钢筋冷拉加工之后，不仅钢筋被调直，除了锈，还可看到，它比原来的长度增加了，这就是由于钢筋冷拉后残存了一部分塑性变形的缘故，变形固体的这一性质，也叫“塑性”。

因此，变形固体的变形有二类，弹性变形和塑性变形。只产生弹性变形的固体，称为完全弹性体。一般的变形固体既具有弹性，也具有塑性。但实验表明，一般的建筑材料，当外力不超过某一限度时，可以看成是完全弹性体，只产生弹性变形。本书就是在绝大多数问题的研究中把所研究的对象看成是完全弹性体，除非特别说明，否则将不涉及塑性变形的范畴。

实际的变形固体的性质是很复杂的，为了使我们能够在理论上对变形固体作出研究，这就有必要根据变形固体的实际情况，略去次要的性质，保留其主要的性质，并加以理想化，抽象成为一种理想的模型。据此，材料力学对变形固体作出了以下几个基本假设，作为理论分析的一般基础。

1. 连续性假设 即认为固体在它整个体积内都毫无空隙地充满了物质，结构是密实的。实际的可变形固体，从其物质结构来说，均具有不同程度的空隙，然而，这些空隙的大小与物体尺寸相比却极微小，可以忽略不计，因而认为物体的结构是完全密实的，没有空隙的。这样，对于研究物体的各种物理量（如内力、变形等），就可认为是连续的，因而才能用数学的连续函数来表达。

2. 均匀性假设 即认为从物体中取出任一部分，不论它的体积和大小如何，其力学性质都是完全相同的。实际的可变形固体，其基本组成部分（质点）的性质会有不同程度的差异，即使金属的晶粒也是这样。尤其是混凝土，由于是由三种不同性质的材

料——砂、石和水泥共同组成的，其差异就更大。但由于材料的基本组成部分的大小和物体尺寸相比均极微小，并且它们在物体中的排列是不规则的，所以物体的力学性质并不反映某一个质点的性质，而是反映所有组成部分性质的统计平均量，因而可认为物体的性质是均匀的。

3.各向同性假设 即认为材料沿各个方向的力学性质均相同。实际上材料在一定程度上沿各方向的力学性质都会有所不同，不过有些材料的这种各向异性比较显著，例如木材，其顺纹与横纹的受力强度是不同的；而有些材料，例如玻璃，各向的性质则完全相同。至于常用建筑材料，如钢材和搅拌得较好的混凝土，就它们的基本组成部分的力学性质来说，也是有方向性的，但由于用这些材料组成的构件，其中所包含的晶粒数量极多，而且晶粒的排列也是不规则的，所以按统计学的观点，可以认为是各向同性的。

4.小变形假设 即材料力学所研究的变形固体的变形，限于小变形范围。这是因为工程实际中的大多数构件，在外力作用下发生的变形和构件本身的尺寸比较起来，常常是很微小的。由于变形是微小的，所以在研究构件的平衡问题时，就可采用构件变形前的原始尺寸进行计算，不考虑力的作用点位置的改变，在计算中对变形的高次方项也可忽略不计，但是，当构件在外力作用下产生比较大的变形（这类变形称为“大变形”）时，小变形假设就不能采用了，这是要注意到的。

由上可知，材料力学把它所研究的对象看作是连续、均匀、各向同性的，而且变形微小的理想弹性体。当然，这与实际多少有点不符，由此所得的材料力学的计算方法，似乎也只具有近似的准确性，但对工程实际来说，其计算结果却已足够准确的了。

第三节 变形的描述

变形固体的变形就是指形状和尺寸大小的改变。但这一改变如何来量度呢？我们可以作出这样的设想，即整个物体是由许许多多的被称为单元体的微小立方体（图1-2 a）所构成。显然，当物体变形时，每一个单元体也将得到变形。反过来，也可以这样说，整个物体的变形就是这些单元体的变形的总和。由于物体的变形是微小的，所以每一个单元体的变形将只包括边长的改变（伸长或缩短），以及原来各边间的直角变成了锐角

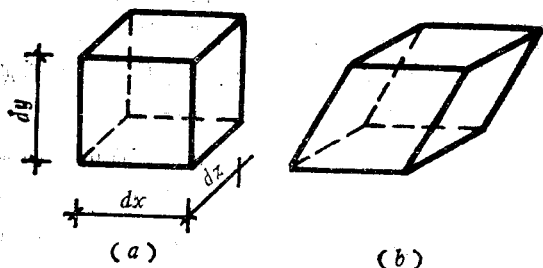


图 1-2

或钝角。如果我们知道单元体的这些变形，那就可以把变形后的单元体模型塑造出来，见图1-2 b。把所有变形后的单元体组合起来，就可以构成整个变形后的物体模型。我们把单元体的边长的改变，称为线变形；把直角的改变，称为角变形。于是，不管物

体变形如何复杂，总可以看做是线变形和角变形的综合。材料力学就是用线变形和角变形来描述变形固体的变形的。

再具体说明如下：

如图1-3 示，变形前任取一长为 dx 的微小直线段，变形后，此直线段的长度变成 $dx + du$ ，则 du 称为线变形。图 1-3 所示为伸长线变形，也叫绝对伸长，但也可能是缩短线变形，或叫绝对缩短。它的单位是长度单位（米）。

比值
$$\frac{du}{dx} = \epsilon_x$$

称为相对线变形（相对伸长或相对缩短），也叫线应变。它表明沿 x 方向单位长度的伸长或缩短。显然，线应变是无单位的，是一个无因次的量。

又如在变形前在变形固体上取两相互垂直的微线段 dx 与 dy ，见图 1-4，则在变形后这两线段间的直角改变了，其改变量 γ 称为角变形，也叫角应变。显然，在小变形假设成立的前提下，它可以近似地写成：

$$\gamma = \frac{\Delta S}{dy}$$

必须指出，角应变的单位是弧度，显然也是一个无因次的量。

综上所述，任何变形都是由线变形和角变形组成，为了比较，我们分别用线应变和角应变来量度它们的大小。

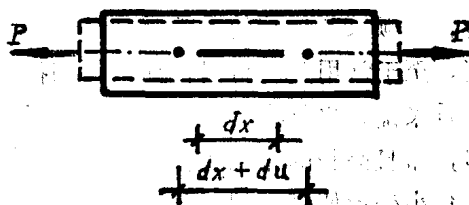


图 1-3

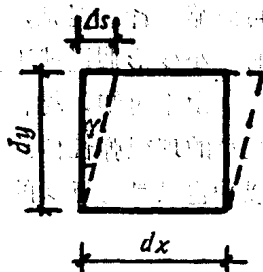


图 1-4

第四节 荷载的分类和计算

作用于结构物或构件上的外力，包括施加的荷载和支座的约束反力。当我们对结构构件进行计算时，首先必须知道作用在它上面的荷载有哪些，有多大。荷载计算是结构计算的第一步，也是很重要的一环。因为结构构件的计算就是要根据荷载的大小及其作用的形式决定构件的内力和截面尺寸，使设计的构件具有足够的强度、刚度和稳定性。如果荷载估计不足，就将影响结构构件的安全，甚至破坏，造成事故；将荷载估计过大，又会使结构用料过多，造成浪费。为了避免这两方面的错误倾向，进行荷载计算时，就要有一个可靠的依据。例如，计算混凝土构件的重量时，首先要知道每立方米体积的混凝土标准重量有多大；又如设计办公楼时，要考虑楼板承载人的重量、家具的重量等等，这就要知道每一平方米面积上这些重量（称为活荷载）应取多少才适宜。这些数据都必须要有个统一的标准。我国广大科学工作者，经过广泛的调查、实测和科学实验，在一九七四年编制了符合我国实际情况、适应社会主义建设需要的《工业与民用建筑结构荷载规范》（TJ9-74），规定了各种荷载的标准值（称为标准荷载），这就是建筑工程设计中荷载计算的依据。

在工程实际中, 结构或构件所受到的荷载是多种多样的, 为了便于分析和计算, 可从各种不同的角度将荷载进行分类如下:

按其作用时间, 可将荷载分为恒载和活载两类:

1. 恒载 是作用在结构上的不变荷载, 如结构自重、土重等。例如在计算梁的恒载时, 就包括梁本身的自重及压在其上的楼板重量, 或者还有在其上砌筑的砖墙的重量等。恒载在结构物建成以后, 其大小和作用位置就不再改变。

恒载的标准值是根据结构或构件的具体尺寸和所用材料的容重来进行计算的。例如截面为20厘米×50厘米的钢筋混凝土梁, 总长为6米, 若钢筋混凝土容重为24000牛/米, 可算出它的总重量为

$$W = 24000 \times (0.2 \times 0.5 \times 6) = 14400\text{N}$$

如将梁的长度去除总重, 就得该梁每米长度的重量, 一般以符号 q (或 g) 表示:

$$q = \frac{14400}{6} = 2400\text{N/m}$$

这个结果亦可直接用容重乘上梁的截面面积而得出, 即

$$q = 24000 \times 0.2 \times 0.5 = 2400\text{N/m}$$

亦可用“千牛顿”作为重量的单位, 1千牛顿=1000牛顿(1kN=1000N)。则上述梁的自重就可写成 $q = 2.4$ 千牛/米。

2. 活载 是作用在结构或构件上的可变荷载。如楼面的活荷载, 是指人群、家具、堆积物、机器设备等重量。不同类型的房屋建筑, 因其使用要求不同, 活荷载的大小也就不同。荷载规范中对每一类建筑物的楼面活荷载都作出了规定, 它是以一平方米面积上的重量来表示的。例如住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园等一类民用建筑的楼面活荷载, 规范规定为150公斤/米²(转换为国际单位制, 约为1500牛/米²), 而教室、试验室、阅览室、会议室等则为200公斤/米²(转换为国际单位制, 约为2000牛/米²), 等等。此外, 屋面积灰荷载, 工业厂房中的吊车荷载, 雪荷载和风荷载等, 也都是活荷载。活荷载并不是长期不变地作用在结构或构件上, 有时存在, 有时不存在。它们的作用位置也可能是固定的(如风荷载、雪荷载等); 也可能是移动的(如吊车荷载)。

按荷载作用分布情况可分为分布荷载和集中荷载两类:

1. 分布荷载 是连续作用在结构或构件某一较大面积或长度上的荷载。根据其分布是否均匀, 又可分为均布荷载和非均布荷载二种:

(1) 均布荷载——大小处处相同的分布荷载就叫做均布荷载。如均质等厚度板, 等截面梁的自重, 各种民用建筑楼面活荷载, 都是均布荷载。图1-5所示为梁的自重



图 1-5

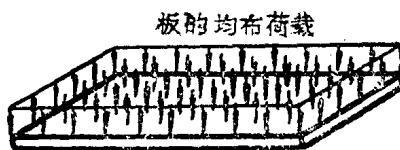


图 1-6

沿梁长度方向均匀分布情况，称为线均布荷载，是以每一米长度的重量来表示的。单位为牛/米或千牛/米。图 1-6 则为板的均布荷载示意，它是面均布荷载，是以每一平方米面积上的重量来表示的，相应的单位为牛/米²或千牛/米²。图 1-7 所示水池底板所承受的水压力也是均布荷载。

(2) 非均匀荷载——大小各处不同的分布荷载。如图 1-7 所示水池的竖壁所受的水压力就是一例。由于水压力的大小是与水的深度成正比的，愈往下，壁板所受水压力也愈大，形成一三角形的分布规律。如水深为 2 米，水的容重是 9800 牛/米³，因此水池底板及壁板最下一点处所受的水压力是

$$9800 \times 2 = 19600 \text{ N/m}^2 = 19.6 \text{ kN/m}^2$$

这数值也称为该点的“荷载集度”。

应该指出，由于水池竖壁板所受的水压力是三角形分布的，所以各点的荷载集度是不相同的。在最低一点，荷载集度为 19600 牛/米²，稍高一些，其数值就小一些，在 1 米深处为 9800 牛/米²，在水面处则为零。还应注意，一点的荷载集度为 19600 牛/米²，并不是说该点就承受着 19600 牛顿的力，而是指若将该点的力按其大小不变扩展到 1 平方米面积时，总共才有 19600 牛顿。所以荷载集度只是表示了一点受荷载大小的程度，而不是表示该点受了多大的荷载。实际上，我们认为一点的面是极微小的（可认为无限小，但不为零），在分布荷载作用下，要确定一点实际受力多大是没有意义的，只能以集度这个概念来表达。

2. 集中荷载 当荷载的分布面积远小于构件的尺寸时，就可简化为集中作用在一点上，称之为集中荷载。如图 1-8a 所示，人站在脚手板上劳动，由于人所穿的鞋子与脚手板接触的面积与整块板的面积相比起来是很小的，所以人体重量（设等于 600 N）对脚手板的作用就可简化为一个集中力作用在 A 点（图 1-8b）。又如工厂吊车的轮子对吊车梁的压力、屋架传给柱子的压力，等等，都被认为是集中荷载。集中荷载的单位一般是牛顿或千牛顿。

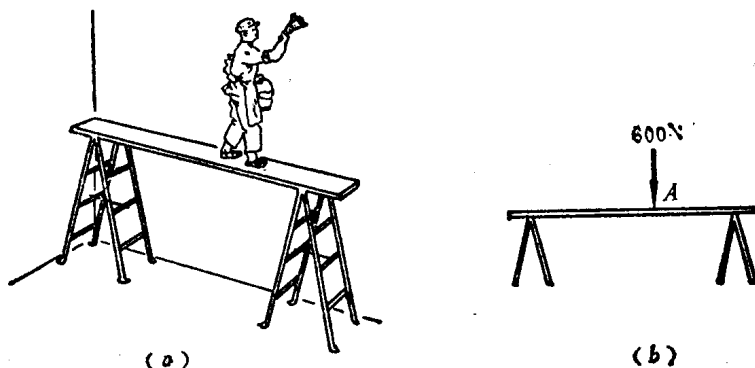


图 1-8

荷载还可按其作用的性质分为静荷载和动荷载两类；