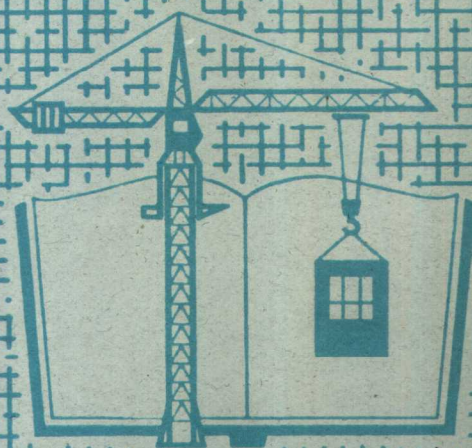


工程力学

西北建筑工程学院 翁信章
河北建筑工程学院 孙家驹
陈次梅



中等专业学校试用教材

中国建筑工业出版社

中等专业学校试用教材

工 程 力 学

西北建筑工程学院	翁信章
	孙家驹
河北建筑工程学院	陈次梅

中国建筑工业出版社

本书内容分为两篇，第一篇为静力学，阐述平面力系、空间力系的简化和平衡条件。第二篇为材料力学，阐述杆件在拉、压、剪切、扭转、弯曲、组合变形等的强度、刚度计算，以及压杆稳定等。全书采用国际单位制，每章附有小结、思考题、习题和习题答案。

本书可作为中等专业学校水暖与通风专业 120 学时《工程力学》的试用教材，也可供其它专业和有关工程技术人员参考。

中等专业学校试用教材
工 程 力 学

西北建筑工程学院 翁信章
孙家驹
河北建筑工程学院 陈次梅

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：16 字数：389 千字

1982年12月第一版 1982年12月第一次印刷

印数：1—14,000册 定价：1.30元

统一书号：15040·4351

编写说明

本书是根据建筑类中等专业学校水暖与通风专业 120 学时《工程力学》教学大纲编写的。除作为水暖与通风专业的《工程力学》试用教材外，也可供 100~130 学时的其它专业的参考。

本书取材较广，并注意加强实例分析，还选编了较多的习题。为了便于自学和教学，各章配有小结、思考题，并附有习题答案。

本书采用国际单位制，书末附有现行的工程单位制与国际单位制的换算。

参加本书编写的有：河北建筑工程学院陈次梅（第一、二、三、四、五章），西北建筑工程学院翁信章（第六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四章）、孙家驹（第十五、十六章）。全书由翁信章同志主编，长春冶金建筑学校薛光瑾、卢存恕同志主审。王天富同志参加本书的绘图工作。

本书在编写过程中，得到许多兄弟院校的帮助和支持。黑龙江建筑工程学校朱聘珊同志参加了对编写提纲的讨论。西北建筑工程学院孙竹轩、潘立本、郑家风等同志审阅了初稿，提出了许多宝贵的意见，对此我们表示深切的感谢。

限于编者水平，书中一定存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

编者

一九八一年十二月

目 录

编写说明
主要符号表

第一篇 静 力 学

第一章 静力学基本概念与物体的受力分析	2
§ 1-1 力的概念	2
§ 1-2 静力学基本定律	3
§ 1-3 荷载	5
§ 1-4 约束与约束反力	6
§ 1-5 受力图	10
小结	12
思考题	13
习题	13
第二章 平面汇交力系	16
§ 2-1 平面汇交力系合成的几何法	16
§ 2-2 平面汇交力系平衡的几何条件	17
§ 2-3 力的分解	20
§ 2-4 力在坐标轴上的投影·合力投影定理	21
§ 2-5 平面汇交力系的合成与平衡的解析法	23
小结	27
思考题	27
习题	28
第三章 力矩与平面力偶系	31
§ 3-1 力对点之矩	31
§ 3-2 合力矩定理	32
§ 3-3 力偶和力偶的性质	34
§ 3-4 平面力偶系的合成与平衡	35
小结	36
思考题	37
习题	38
第四章 平面一般力系	39
§ 4-1 力的平移定理	39
§ 4-2 平面一般力系向一点简化	40
§ 4-3 平面一般力系简化结果的分析·合力矩定理	42
§ 4-4 平面一般力系的平衡方程	44

§ 4-5 平面平行力系的平衡方程	49
§ 4-6 物体系统的平衡	51
§ 4-7 桁架的内力分析	56
小结	60
思考题	62
习题	62
第五章 摩擦	68
§ 5-1 滑动摩擦	68
§ 5-2 考虑摩擦时物体的平衡问题	71
§ 5-3 滚动摩擦的概念	76
小结	77
思考题	78
习题	78
第六章 空间力系	81
§ 6-1 力在空间坐标轴上的投影	81
§ 6-2 空间汇交力系合成与平衡的解析法	82
§ 6-3 力对轴的矩	84
§ 6-4 空间一般力系的平衡方程	85
§ 6-5 重心	88
小结	94
思考题	94
习题	95

第二篇 材 料 力 学

第七章 材料力学基本概念	100
§ 7-1 材料力学的任务	100
§ 7-2 变形固体及其基本假设	101
§ 7-3 内力·截面法·应力	102
§ 7-4 杆件变形的基本形式	103
第八章 拉伸和压缩	105
§ 8-1 拉伸和压缩的概念和实例	105
§ 8-2 轴向拉伸(压缩)时的内力和应力	105
§ 8-3 拉伸(压缩)时的变形·虎克定律	108
§ 8-4 材料在拉伸时的力学性质	110
§ 8-5 压缩时材料的力学性质	113
§ 8-6 许用应力和安全系数	114
§ 8-7 拉伸和压缩时的强度计算	115
§ 8-8 斜截面上的应力	118
§ 8-9 应力集中概念	120
§ 8-10 薄壁容器的应力计算	121
§ 8-11 拉伸和压缩的超静定问题·温度应力	124
小结	128

思考题	129
习题	129
第九章 剪切	133
§ 9-1 剪切的概念和实例	133
§ 9-2 剪切和挤压的实用计算	134
§ 9-3 铆接计算	136
§ 9-4 焊接的计算	140
§ 9-5 剪切虎克定律	142
小结	143
思考题	143
习题	143
第十章 圆杆的扭转	146
§ 10-1 扭转的概念和实例	146
§ 10-2 实心圆轴扭转时应力和应变	147
§ 10-3 圆杆扭转时的强度和刚度计算	150
小结	152
思考题	153
习题	153
第十一章 梁的剪力和弯矩	155
§ 11-1 直梁弯曲的概念及实例	155
§ 11-2 梁的类型和支座反力	156
§ 11-3 弯曲时横截面上的内力	156
§ 11-4 剪力图和弯矩图	158
§ 11-5 剪力、弯矩与分布荷载间的关系	162
小结	166
思考题	167
习题	167
第十二章 梁的应力	170
§ 12-1 纯弯曲时的正应力	170
§ 12-2 惯性矩和惯性矩的平行移轴公式	173
§ 12-3 梁的正应力强度计算	175
§ 12-4 梁的合理截面	178
§ 12-5 梁的剪应力	178
小结	182
思考题	183
习题	185
第十三章 梁的变形	187
§ 13-1 梁变形的概念	187
§ 13-2 梁的挠曲线微分方程	188
§ 13-3 用积分法求梁的变形	189
§ 13-4 用叠加法求梁的挠度和转角	193
§ 13-5 梁的刚度条件	193

§ 13-6 超静定梁	194
小结	197
思考题	198
习题	198
第十四章 应力状态和强度理论	201
§ 14-1 应力状态的概念	201
§ 14-2 二向应力状态分析	202
§ 14-3 强度理论	205
§ 14-4 薄壁圆筒的强度计算	209
小结	210
思考题	211
习题	211
第十五章 组合变形	213
§ 15-1 组合变形的概念和实例	213
§ 15-2 斜弯曲	213
§ 15-3 拉伸(压缩)与弯曲的组合	217
§ 15-4 偏心压缩(拉伸)	219
小结	221
思考题	222
习题	222
第十六章 压杆的稳定	225
§ 16-1 压杆稳定的概念	225
§ 16-2 求临界力的欧拉公式	226
§ 16-3 不同支承情况的临界力的欧拉公式	227
§ 16-4 欧拉公式的适用范围	228
§ 16-5 压杆的稳定校核	230
§ 16-6 提高压杆稳定性的措施	234
小结	236
思考题	237
习题	237
附录 I 型钢表	239
附录 II 国际单位制参考表	248

第一篇 静 力 学

静力学是研究物体在力作用下的平衡规律的科学。

所谓平衡，一般是指物体相对地面保持静止或作匀速直线运动的状态。例如，静止在地面上的房屋、桥梁、管道等，在直线轨道上作匀速运动的火车等，都是处于平衡状态。

通常，作用于物体的力都不止一个而是许多个，这许多个力总称为力系。

为了便于研究各种力系对物体作用的总效应，并导出力系的平衡条件，在静力学中将主要研究两类问题：

（1）力系的简化 就是把作用在物体上较复杂的力系，用一个最简单的与其作用效应相等的力系来代替。

（2）力系的平衡条件 即物体处于平衡状态时，作用于物体上的力系所应满足的条件。

在工程实际中，存在着大量的静力学问题。例如，用塔式吊车起吊重物时，必须根据平衡条件确定起重量不超过多少才不致翻倒。对于房屋、水闸、桥梁等建筑物的设计都需要进行受力分析，以便得到既经济又安全的设计方案，而静力学理论则是进行受力分析的基础。通过静力学的学习，也将为流体力学、机械零件和建筑结构等许多后继课程中进行受力分析和计算奠定必要的基础。

第一章 静力学基本概念与物体的受力分析

§1-1 力的概念

力的概念是人们在长期的生产劳动和生活实践中逐步形成的。当人们用手推、拉、抛、举物体时，由于手臂肌肉的紧张和收缩，自身就感到对物体施加了“力”，而物体就受到力的作用，并由此使物体产生运动状态的改变。后来，随着生产的发展，人们进一步认识到物体与物体间也有这样的相互作用，也会使物体产生运动状态的改变。例如，人推车使车子由静止进入运动；自高空中落下的物体由于受到地球引力的作用而改变着运动的速度；锻锤对锻件的冲击力使锻件改变形状等。最后，逐渐建立了力的科学的概念，即：力是物体间的相互作用，这种作用使物体的运动状态发生改变，或使物体变形。

力对物体的作用可产生两种效应：一是改变了受力物体的运动状态，称为力的运动效应，或外效应；二是改变了受力物体的形状，称为力的变形效应，或内效应。在静力学中只研究力的运动效应，至于物体受力后的变形效应将在材料力学中讨论。

由实践可知，力对物体作用的效应决定于三个因素，力的大小、力的方向和力的作用点，通常称为力的三要素。

(1) 力的大小 是指物体间相互作用的强弱程度。度量力的大小的单位，本文采用国际单位制(SI)。力单位用牛顿，简写牛(N)；或千牛顿，简写千牛(kN)。目前在工程上，有的仍采用工程单位制，以公斤(kg)或吨(t)作为力的单位。

(2) 力的方向 通常包含方位和指向两个意思。例如，说重力方向是“铅直朝下”，“铅直”是力的方位，“朝下”是力的指向。

(3) 力的作用点 是指力对物体作用的位置。一般说来，力的作用位置并不是一个点而是一部分面积。但是，当作用面积很小时就可近似地看作一个点，而作用在这个点上的力称为集中力，这个点称为作用点。

在力的三要素中，如果改变其中任何一个因素，也就改变了力对物体作用的效果。例如，沿水平地面推一个木箱(图1-1)，当推力 F 较小时，木箱不动，当推力 F 增大到某一数值时，木箱开始滑动。如果推力 F 的方向改变了，变为拉力，则木箱沿相反方向滑动。如推力 F 不作用在A点而移至B点，则木箱的运动趋势可能不是滑动而是绕C点转动而倾复。所以，要确定一个力，必须说明它的大小、方向和作用点，缺一不可。

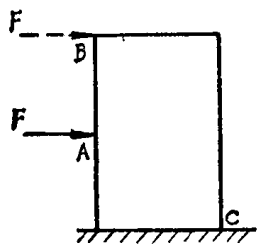


图 1-1

力既然是一个有大小和方向的量，所以力是矢量。它可以用一带箭头的线段来表示，如图1-2所示。其中线段的长度按一定的比例尺表示力的大小，箭头表示力的方向，线段的起点或终点表示力的作用点。通过力的作用点沿力的方向的直线称为力的作用线。如图1-2所示的力矢 P ，表示大小为300N、力作用线与水平线夹角为 α ，以及作用

点在O点的一个力。

讨论了力的概念以后，再提一下关于刚体的概念。在静力学中，所研究的物体都是指刚体。所谓刚体，就是在任何外力作用下，物体的大小和形状始终保持不变，也就是说，物体内部任意两点间的距离都保持不变。刚体只是一种实际物体抽象化的模型。事实上，刚体是不存在的，因为任何物体受力后都将或多或少地发生变形。但在很多情况下，物体受力后的变形与原来整个物体相比，是极其微小的，它对于静力学中研究物体的平衡影响很小，可以忽略不计，而把物体看作刚体，从而将使静力学所研究的问题大为简化。

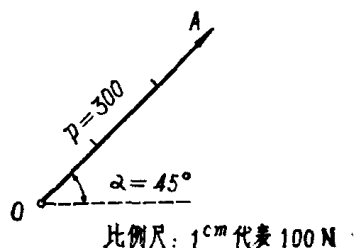


图 1-2

§ 1-2 静力学基本定律

静力学基本定律是人们在长期的生产和生活实践中，经过反复的观察和实验总结出来的客观规律。这些基本性质又在无数次的实践中得到验证。下面着重介绍静力学四个基本定律。

1. 二力平衡定律

作用在同一刚体上的两个力，使刚体平衡的必要与充分条件是：这两个力大小相等，方向相反，作用在同一条直线上（简称等值、反向、共线）。

例如，一刚杆AB的两端分别施加两个拉力（图1-3a）或压力（图1-3b），由经验可知，要使杆件平衡，这两个力 F_1 及 F_2 必须大小相等，方向相反，且作用在同一直线上。

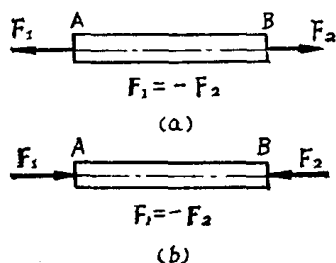


图 1-3

必须指出，对于变形体来说，二力平衡条件只是必要条件而不是充分条件。例如，软绳的两端受到等值、反向、共线的两个拉力时处于平衡；如果是压力则不能平衡。

2. 加减平衡力系定律

在任一力系中，加上或去掉任何一个平衡力系，不改变原力系对刚体的运动效应。

对于加减平衡力系原理的正确性是显而易见的。因为一个平衡力系中各力对刚体作用的总效应等于零，它不能改变刚体的平衡或运动状态。

应用这个定律还可以导出力的一个重要性质：作用在刚体上的力可沿其作用线移动，而不改变该力对刚体的作用。力的这种性质称为力的可传性原理。

例如力 P 作用于刚体的A点（图1-4a）。在力 P 的作用线上任取一点B，加上

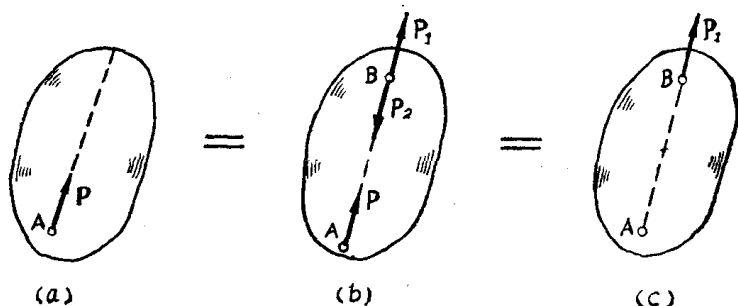


图 1-4

等值、反向、共线的一对平衡力 P_1 和 P_2 (图1-4b), 并使 $P_1 = -P_2 = P$ 。由加减平衡力系定律知, 这并不影响原力 P 对刚体作用的效应。但从另一角度看, P 与 P_2 也是一对平衡力, 把它们去掉也不影响原力系对刚体的作用效应, 于是刚体只剩下作用在 B 点的一个力 P_1 (图1-4c)。这样, 就把原来作用在 A 点的力 P 沿其作用线移到了 B 点。

力的可传性原理在生产实践中也可以得到验证。例如, 用手推车, 或沿手对车的施力方向用绳拉车, 只要力的大小不变, 车子的运动效果是一样的。

3. 力的平行四边形定律

作用于物体上同一点的两个力可以合成为作用于该点的一个合力, 合力的大小和方向由这两个力的矢量为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示 (图 1-5 a)。图中 R 表示 P_1 和 P_2 的合力, P_1 、 P_2 表示分力。

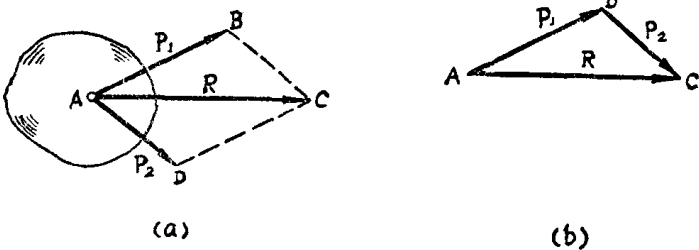


图 1-5

为了求出合力 R 的大小和方向, 可以用几何作图法。先选取适当的比例尺作平行四边形, 然后直接从图上量取对角线的长度, 按所定的比例尺求得合力 R 的大小, 用量角器量出对角线与分力间的夹角表示合力的方向。

从图1-5 a 可以看出, 在求合力 R 时, 只要作出力的平行四边形的一半就可以了。从力 P_1 的矢量 $\overline{AB}$ 的终点 B 作力 P_2 的矢量 $\overline{BC}$ (图1-5b), 连接 A 、 C 两点, 即得到合力 R 的矢量 $\overline{AC}$ 。三角形 ABC 称为力三角形, 这一合成方法称为力三角形法则。

4. 作用和反作用定律

两物体间的作用力和反作用力, 总是大小相等, 方向相反, 沿同一直线, 并分别作用在这两个物体上。

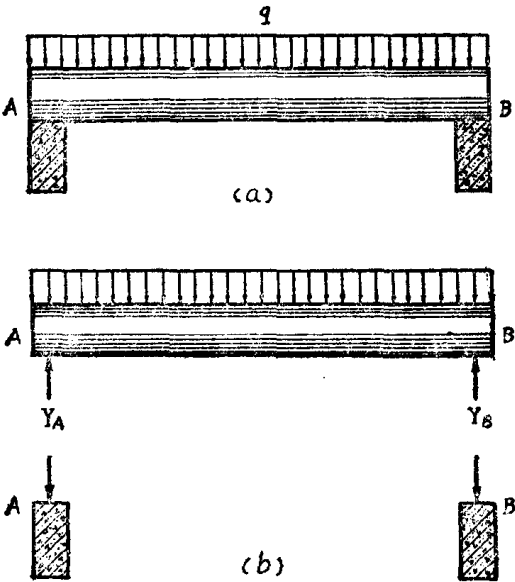


图 1-6

例如, 管道由于本身的重量和介质等重量的作用压在支架梁上, 则支架梁以同样大小的力托住管道 (图 1-6); 船桨把河水推向船后, 而河水又以同样大小的力推动船只向前, 以及大炮的后座力等等, 这些例子均说明作用与反作用定律的普遍性。只要有作用力, 必定有反作用力存在, 两者总是同时存在, 同时消失的。

必须注意, 尽管作用力与反作用力是等值、反向、共线的两个力, 但它们并不互相平衡, 更不能把这个定律与二力平衡定律混淆起来。因为作用力和反作用力不是作用在同一物体上, 而是分别作用在相互作用的两个物体上。

§ 1-3 荷 载

荷载是作用于结构物上的主动力。常见的荷载有重力、水压力、土压力、风压力、汽压力和液压力等。

为了方便起见,可把作用在结构物上的荷载加以分类。按照荷载的分布情况,可分为:

1. 分布荷载 分布在某一面积上的荷载,如重力、万有引力等称为**体荷载**;分布在某一面积上的荷载,如屋面板上的荷载、水池壁上的水压力等称为**面荷载**;如果荷载分布在一狭长面积上或体积上,则可把它简化为沿其中心线分布的荷载,称为**线荷载**。例如,梁宽远较梁长为小时,分布在梁面上的荷载可以简化为沿梁面纵轴线分布的线荷载(图1-7);而梁的自重也可以简化为沿其中心线分布的线荷载。

沿单位长度分布的线荷载称为**线荷载集度**,以 q 表示,其常用单位为牛/米(N/m)或千牛/米(kN/m)。若线荷载集度为常数,则称为**均布线荷载**。例如,大小相同且排列整齐的管道的重量,及其支架本身的自重即属于均布线荷载,如图1-8所示;否则,就称为**非均布线荷载**。例如,水池壁受静水压力作用。取单位长度的水池壁来考虑,将其所受的水压力简化到中心平面内,即得到沿这段水池壁的中心线 AB 按三角形规律分布的非均布线荷载(图1-9b)。图1-9a是非均布线荷载又一例。

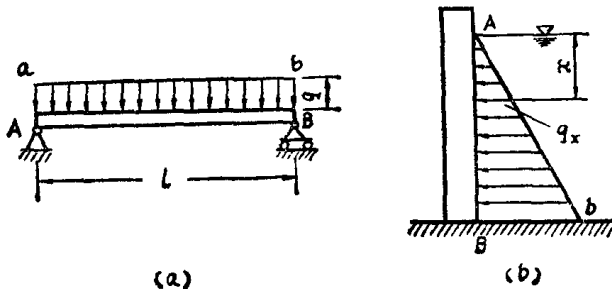


图 1-7

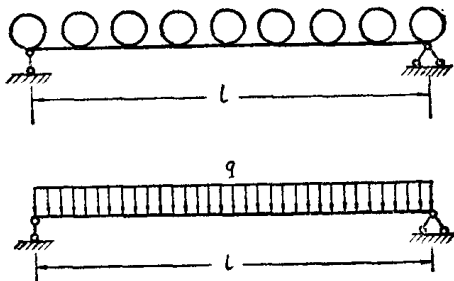
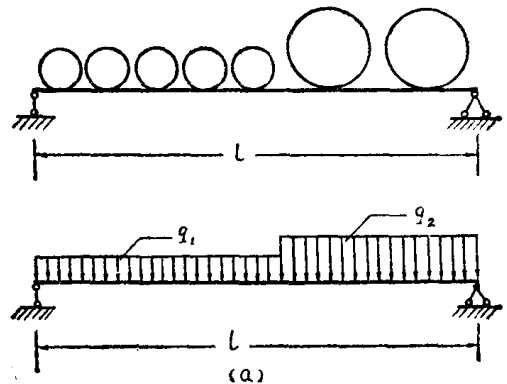


图 1-8

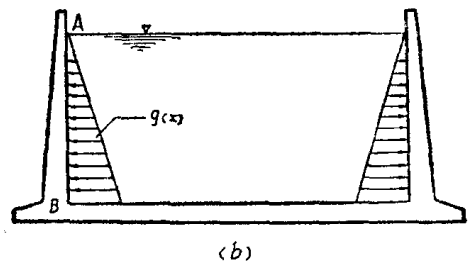


图 1-9

2. 集中荷载 如果分布荷载作用在很小的面积上,就可以近似地看作它作用在结构物的某一点上,则这种荷载称为**集中荷载**。例如,檩条对屋架的压力、梁端对墙或柱的压力、管道对支架的压力等都是集中荷载。它的常用单位为牛(N)或千牛(kN)。

在建筑工程中,还把荷载按照作用时间的长短分为:

1. 恒载 指长期作用在物体上不变的荷载。例如, 房屋、楼板、梁、柱、管道等的自重都是恒载。

2. 活载 指作用在物体上经常变动的荷载。例如, 风载、雪载、施工或检修时的荷载, 以及水压试验时的荷载等, 都是活载。

此外, 按荷载作用的性质还可分为静荷载和动荷载等, 在进行结构设计的力学计算中, 可以查阅有关现行的荷载规范[见《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ9—74(试行)]。

§ 1-4 约束与约束反力

在空间任何方向能够自由运动的物体称为自由体。例如, 航行中的飞机、人造卫星、飞行的炮弹等。如果物体受到一定的限制, 使其在某些方向的运动成为不可能, 则此物体称为非自由体。例如, 用绳索悬挂的重物、支承于墙上的梁等, 都是非自由体。阻碍物体运动的限制物称为约束。上述绳索是重物的约束, 墙是梁的约束。

由于约束限制了物体沿某些方向的运动, 因此, 约束对被限制的物体具有力的作用, 这种力称为约束反力, 简称反力。约束反力的方向总是与约束所能阻止的物体的运动或运动趋势的方向相反。

与约束力相对应, 有些力主动地使物体运动或使物体有运动趋势的, 这种力称为主动力。例如, 重力、风力、水压力等等都是主动力, 也就是荷载。主动力一般是已知的, 约束反力则是未知数。

下面介绍在工程中常见的几种基本类型的约束及其约束反力的特性。

1. 柔体约束

绳索、皮带、链条等构成的约束, 称为柔性约束。由于柔体约束只能限制物体沿着柔体的中心线伸长方向的运动, 而不能限制物体其它方向的运动。所以柔体的约束反力必定沿着柔体的中心线且背离被约束的物体。即柔体的约束反力恒为拉力。

图1-10 a 表示于用钢丝绳起吊无缝钢管。绳索及吊钩本身的重量忽略不计, 钢管 AB 在 A 点与 B 点受到钢丝绳 AC 和 BC 的约束, 其约束反力为沿着绳索方向的拉力。同时, 吊

钩也受到钢丝绳及滑轮对它的约束, 而且 T_{AO} 与 T_{AC} , T_{BO} 与 T_{BC} 大小相等, 方向相反, 分别是作用力和反作用力的关系(图 1-10 b, c)。

2. 光滑接触面约束

当两物体接触面上的摩擦力很小时, 可以看作光滑接触。物体与光滑支承面接触时, 不论接触面形状如何, 这种约束只能限制物体沿着接触面的公法线而指向接触面的运动, 而不能限制物体沿着接触面或离开支承面的运

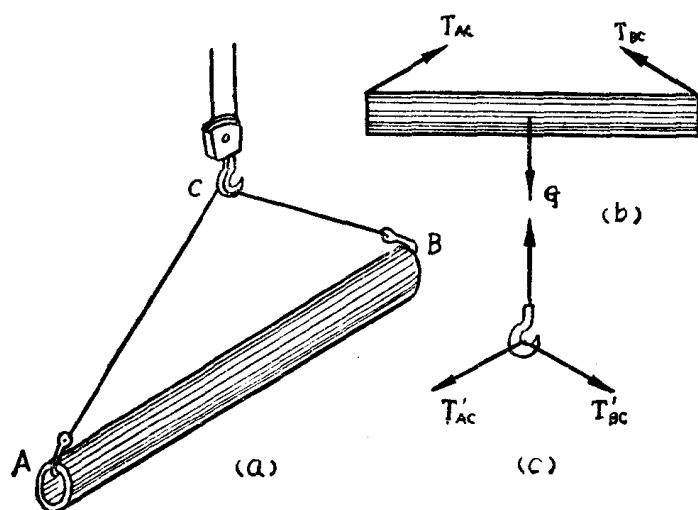


图 1-10

动。所以，光滑接触面的约束反力通过接触点，方向沿接触面的公法线，并指向被约束的物体（即为压力），如图 1-11 a 所示的 N_A 。图 1-11 b 表示圆柱形容器放在光滑的支墩上时，支墩对容器的约束反力。图 1-12 也是光滑接触面约束的例子。

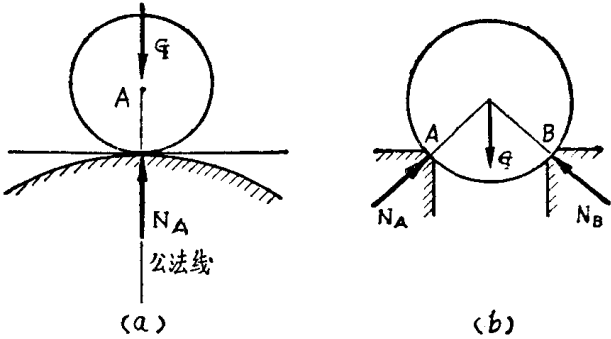


图 1-11

3. 光滑铰链约束
光滑铰链约束是在一个圆柱形的销钉上，套上两个带有圆孔的杆件所构成（图 1-13 a）。门窗的活叶、活塞销都是常见的铰链。

若销钉与圆孔接触是光滑的，则这种约束只能限制物体在垂直于销钉轴线的平面内任何相对移动，但不能限制物体绕销钉的转动和沿其轴线方向的滑动。由图 1-13 b 可见，如果摩擦很小，略去不计，销钉与物体的圆孔是两个光滑圆柱面相接触，故约束反力必定作用于接触点 A 并通过销钉中心。但接触点 A 不能预先确定，以至反力 N_c 的方向也是未定的。所以，铰链的约束反力作用在圆孔与销钉的接触点上，垂直于销钉轴线，并通过销钉中心，而方向不定，如图 1-13 b 所示的 N_c 。通常将这个方向不定的约束反力用两个互相垂直且通过铰链中心的分力 X_0 和 Y_0 来代替（图 1-13 c）。

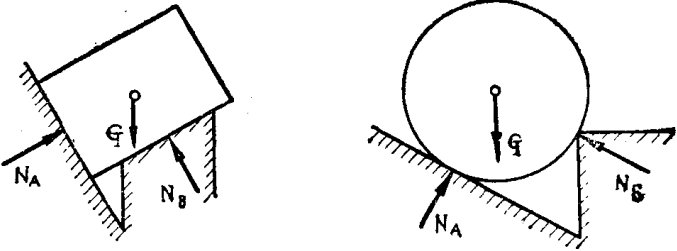


图 1-12

孔是两个光滑圆柱面相接触，故约束反力必定作用于接触点 A 并通过销钉中心。但接触点 A 不能预先确定，以至反力 N_c 的方向也是未定的。所以，铰链的约束反力作用在圆孔与销钉的接触点上，垂直于销钉轴线，并通过销钉中心，而方向不定，如图 1-13 b 所示的 N_c 。通常将这个方向不定的约束反力用两个互相垂直且通过铰链中心的分力 X_0 和 Y_0 来代替（图 1-13 c）。

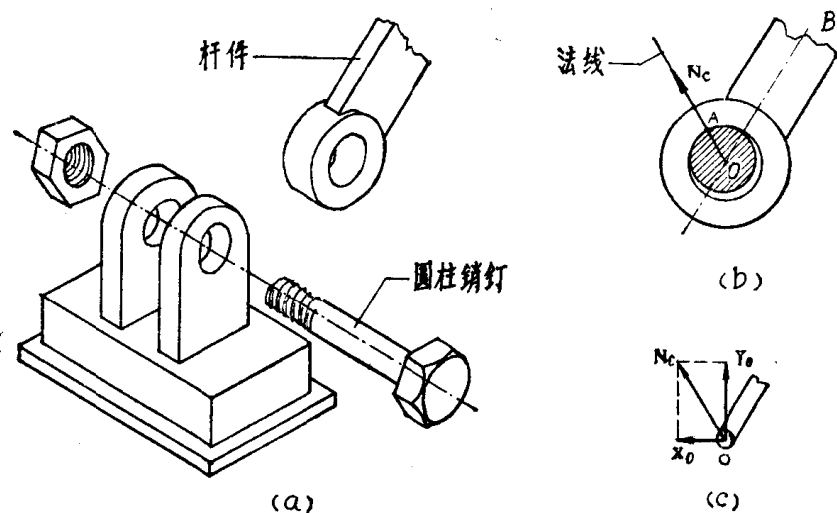


图 1-13

4. 固定铰链支座和辊轴支座
工程上常把结构物或构件支承在墙、柱、桥墩、机器的机身等固定支持物上面的装置，叫做支座。用光滑圆柱铰把结构物或构件与支座底板连接，并把底板固定在支承物体

上而构成的支座，称为**固定铰链支座**，简称为**固定铰支座**。图1-14 a 是构件与支座连接的示意图，图1-14 b、c 是这种支座的简图。这种支座限制被约束的构件在垂直于铰轴平面内任何方向的运动，但允许构件绕铰链中心转动。所以这种支座的性质与圆柱铰链相同，其约束反力如图1-14 a、e 所示。

在铰链支座下面用几个辊轴支承于平面上，而支座可以沿着支承面运动，就构成**为辊轴支座**，也称**可动铰支座**，如图1-15 a 所示，图1-15 b、c 表示这种支座的简图。假设支承面是光滑的，这种支座不能限制物体绕销钉的转动和沿支承面的运动，只能限制物体与支承面垂直方向的运动（指向或背向支承面）。因此，辊轴支座的约束反力通过销钉中心，垂直于支承面，指向不定。图1-15 e 是辊轴支座约束反力的表示法。

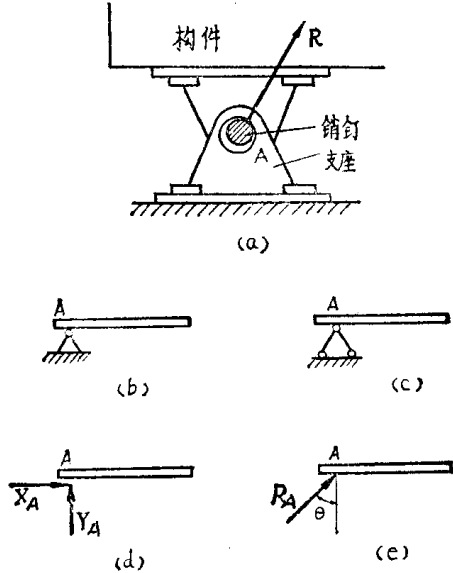


图 1-14

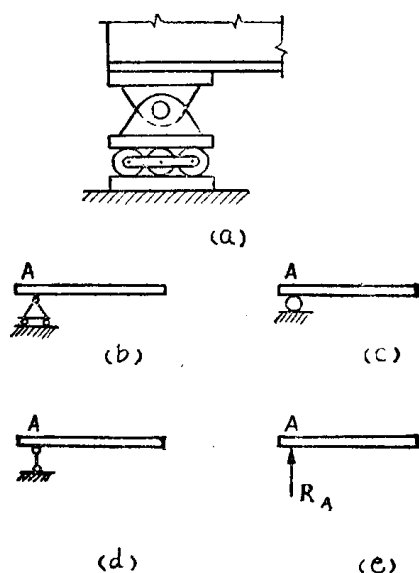


图 1-15

大型的屋架、桥梁和管道等，都是一端用固定铰支座约束，另一端用可动铰支座约束的。这样的支承方式称为**简支**。这样，当结构物和管道等因温度变化而引起伸长或缩短时，支座的间距也可相应地随之变化，从而避免结构物和管道产生温度应力。

5. 固定端支座

房屋的雨篷（图1-16 a）和阳台的挑梁（图1-16 b）牢固地插入墙内的一端，管道支架（图1-16 c）埋在地下的一端，厂房柱子插在杯形基础里的下端（图1-16 d）等所受的

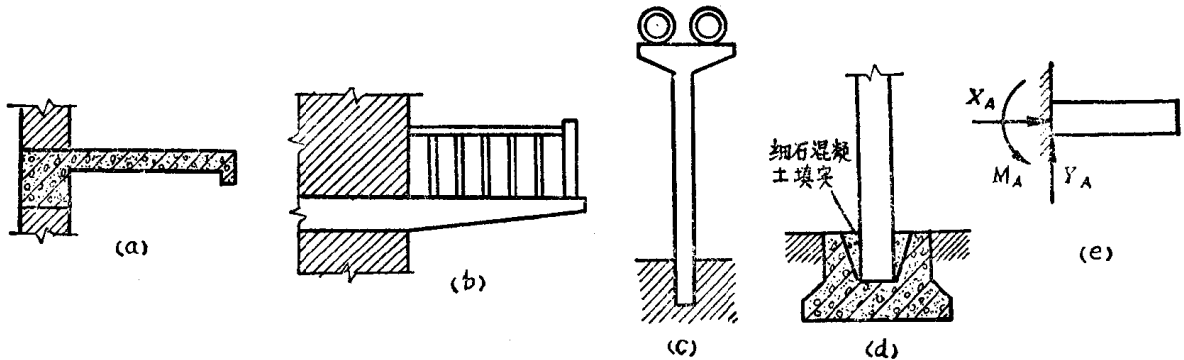


图 1-16

约束,称为固定端支座,其简图如图1-16 e 所示。梁的一端固定,另一端悬空,这样的梁称为悬臂梁。当梁上作用荷载时,固定端的约束既能阻止梁端沿任何方向移动,也能阻止梁端转动,因而产生的约束反力为:水平反力 X_A 、竖向反力 Y_A ,还有一个能阻止转动的反力偶 M_A 。支座反力的画法如图1-16 e 所示。

现将以上三种支座的约束性质及约束反力方向归纳于表1-1。

6. 链杆约束

在一直杆的两端分别用光滑销钉与物体连接起来,而中间不受力,称为链杆约束。如图1-17 a 所示。这种约束只能限制物体沿着链杆中心线方向的运动,而不能限制其它方向的运动。所以,链杆

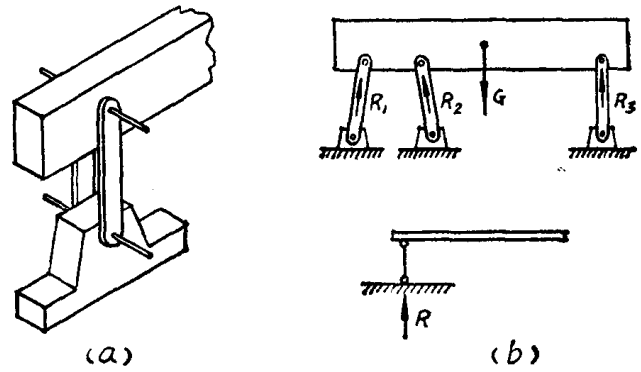


图 1-17

表 1-1

支座名称	计算简图	约束性质	约束反力方向	未知反力数
辊轴支座		阻止竖向移动 可有水平移动 可有转动	可有竖向反力 没有水平反力 没有反力偶	 1
固定铰支座		阻止竖向移动 阻止水平移动 可有转动	可有竖向反力 可有水平反力 没有反力偶	 2
固定支座		阻止竖向移动 阻止水平移动 阻止转动	可有竖向反力 可有水平反力 可有反力偶	 3