

技工学校教材

力学基础与建筑结构

山东省水利技工学校 石绍明 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

前 言

本教材是根据全国水利水电技校教育研究会制定的水利水电建筑施工专业教学计划，围绕培养目标，按照岗位所需的应知要求确定教学内容的。

本书安排基础知识的目标是：当学生学完该书时他们对力学与工程结构有一个大概的了解，同时也照顾了专业的系统性和实用性。在编写过程中，考虑了实际施工的需要，对学科内容作了大幅度选择与调整，删除了本专业中不常用的内容，对一些抽象的概念力求形象化定性分析，避免理论的推导与证明。文字上力求通俗易懂，便于学校教学和学生自学。

本书的绪论，第一、二、三章及第四章第一～四节由山东省水利技工学校石绍明编写；第四章第五节，第五、六章由山东省水利技工学校魏茂通编写；第七、八章由黄河水利技工学校周虹编写；第九～十三章由陕西水利技工学校吴刚编写。本书由浙江水利职工中等专业学校顾友丽主审。本书在编写过程中，得到了山东省水利学校、江西省水利水电学校、大连理工大学、山东省水利专科学校的大力支持和帮助。编者在此表示衷心的感谢。

限于编者的水平有限，不足之处请广大读者予以批评指正。

编 者

1998 年 8 月

目 录

前 言	
绪 论	1

第一篇 力 学 基 础

第一章 静力学基础	3
第一节 静力学基本概念	3
第二节 静力学公理	4
第三节 约束与约束反力	7
第四节 结构计算简图	9
第五节 物体的受力分析和受力图	12
小结	15
思考题	16
习题	17
第二章 平面汇交力系	21
第一节 平面汇交力系合成的解析法	21
第二节 平面汇交力系平衡的解析条件	24
小结	28
思考题	28
习题	29
第三章 力矩和平面力偶系	31
第一节 力对点的矩	31
第二节 力偶	33
第三节 力的平移定理	37
小结	39
思考题	40
习题	40
第四章 平面一般力系	43
第一节 平面一般力系向一点的简化	43
第二节 平面一般力系的平衡方程	44
第三节 物体系统的平衡	54
第四节 静定与静不定问题的概念	58
第五节 摩擦	58
小结	63
思考题	64
习题	65

第五章 轴向拉(压)杆的强度计算与压杆的稳定计算	73
第一节 轴向拉伸和压缩的概念和实例	73
第二节 轴向拉(压)杆的内力——轴力	74
第三节 轴向拉(压)杆件横截面上的应力	79
第四节 轴向拉(压)杆的强度计算	81
第五节 轴向拉伸和压缩时的变形——虎克定律	83
第六节 材料在轴向拉伸和压缩时的力学性质	85
第七节 材料的极限应力和许用应力	90
第八节 细长受压杆件的稳定问题	90
小结	94
思考题	95
习题	95
第六章 剪切和挤压	99
第一节 剪切	99
第二节 挤压	101
第三节 焊接连接的计算	105
小结	107
思考题	107
习题	108
第七章 直梁弯曲	110
第一节 平面弯曲和梁的类型	110
第二节 梁的内力——剪力和弯矩	111
第三节 梁的内力图	115
第四节 简捷法作梁的内力图	121
第五节 用叠加法画梁的弯矩图	124
第六节 梁的正应力	127
第七节 梁的正应力强度条件	129
第八节 提高梁弯曲强度的措施	131
第九节 梁的剪应力及其强度条件	134
第十节 梁的变形	136
小结	139
思考题	141
习题	143
第八章 偏心受压构件与工程中常见结构	149
第一节 偏心受压构件的应力和强度条件	149
第二节 多跨静定梁与连续梁的内力	152
第三节 刚架的内力	155
第四节 拱	161
小结	165
思考题	166
习题	167

第二篇 建筑结构基本知识

第九章 建筑结构的荷载和设计原理	170
第一节 建筑结构的荷载	170
第二节 建筑结构的设计方法	171
小结	174
复习思考题	175
第十章 钢筋和混凝土材料的力学性能	176
第一节 混凝土的力学性能	176
第二节 钢筋的种类及其力学性能	180
第三节 钢筋和混凝土的共同工作	184
小结	186
思考题	186
第十一章 钢筋混凝土受弯构件	188
第一节 受弯构件的一般构造	188
第二节 受弯构件正截面承载力的试验研究	192
第三节 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	194
第四节 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	202
第五节 T形截面受弯构件正截面承载力计算	206
第六节 受弯构件斜截面承载力计算	211
第七节 保证斜截面受弯承载力的构造措施	219
第八节 钢筋混凝土构件施工图	221
小结	223
思考题	223
习题	224
第十二章 钢筋混凝土受压构件承载力计算	226
第一节 受压构件的构造要求	226
第二节 轴心受压构件正截面承载力计算	229
第三节 偏心受压构件的基本知识	231
小结	236
思考题	236
习题	236
第十三章 预应力混凝土构件的基本知识	238
第一节 概述	238
第二节 施加预应力的方法与预应力混凝土的材料要求	239
第三节 张拉控制应力和预应力损失	241
小结	242
思考题	242
第十四章 砌体结构	243
第一节 砌体结构的材料和砌体种类	243
第二节 砌体的力学性质	245

第三节 砌体结构构件的承载力	248
小结	254
思考题	254
习题	255
附录 I 型钢表	256
附录 II 砌体结构受压构件的影响系数 φ	266
参考文献	269

绪 论

我们在日常生活和生产实践中,会见到各种各样的建筑物,例如楼房、桥梁、渡槽、水闸、水电站、水坝等。它们是我们发展生产、提高生活水平所必需的物质基础。在建造这些建筑物时,需要进行结构设计。力学基础与建筑结构就是建筑物结构设计的一门基础课程。

一、力学基础与建筑结构的研究对象

建筑物中用以承受和传递力作用的物体都称建筑结构(简称结构)。如整幢楼房、整座桥梁、闸门、涵洞、挡土墙等都是建筑结构。

一个建筑结构,通常由许多构件组成。例如水电站厂房结构,就是由板、梁、柱等构件组成的。建筑物在使用中,会受到各种力的作用,如外墙上的风力,屋顶上的积雪重,楼面上的人群、设备重量,各部分构件自身的重量以及水库大坝受到的水压力等。这些作用在建筑物上的力,在工程上称为荷载。整体结构是由各构件组成的,所以当我们对建筑物进行结构设计时必须先对各构件进行设计计算,然后再通过构造处理,把各个构件联系起来构成一个整体结构。例如在厂房结构设计中,先进行基本构件板、梁、柱的设计,然后再通过构造处理将各个构件联系起来,就构成了厂房结构的整体。

在水利工程中,力学基础与建筑结构的研究对象就是水上建筑物的构件和结构。

二、力学基础与建筑结构的任务

在工程实际中,构件的主要作用是承受荷载和传递荷载,由于荷载的作用,构件会发生变形甚至破坏。但是,构件本身具有一定的抵抗变形和破坏的能力,叫做承载力。构件的承载力主要反映在以下三个方面:

(1) 强度: 构件抵抗破坏的能力称为构件的强度。

(2) 刚度: 构件抵抗变形的能力称为构件的刚度。

(3) 稳定性: 细长的杆件受压时,如果压力过大,它会突然变弯,这种情况叫失稳。构件失稳时,原有的平衡状态被破坏。构件维持原有平衡状态的能力称为构件的稳定性。

构件的承载力即构件的强度、刚度和稳定性与构件的材料性质、几何形状和尺寸、受力性质、工作条件以及构造情况等有关。

要提高结构的承载能力,一般要选用优质的材料或横截面尺寸大的构件,但是如果选用的材料质量好,横截面尺寸选得过大,会造成浪费;如果选得材料质量差,横截面尺寸选得过小,会使结构不能正常工作或破坏,甚至发生事故。怎样设计构件,使它既安全又经济,这是力学基础与建筑结构的任务。

三、力学基础与建筑结构的内容

本课程的内容分力学基础、建筑结构两部分。

1. 力学基础

在正常情况下,建筑结构或构件相对于地球是静止的,工程上叫做平衡状态。建筑结

构或构件处于平衡状态时作用在它上面的力是有条件的，这些条件称为平衡条件。力学基础就是用这些力的平衡条件求出作用在结构或构件上的力有多少个？它们各等于多大？从而为结构设计打下基础。

在弄清楚结构或构件上受的力后，又可进一步研究结构的承载力问题，对构件会不会破坏的问题深入讨论，并为设计既安全又经济的结构构件选择适当的材料、截面形状和尺寸，使我们掌握构件承载能力的计算方法。

2. 建筑结构

建筑结构按所用材料的不同分为钢筋混凝土结构、砌体结构和钢结构等。本书只介绍钢筋混凝土结构和砌体结构。介绍这两种结构及其构件的材料力学性能、基本设计理论、基本设计计算方法和主要构造措施。

四、力学基础与建筑结构在建筑设计、施工中的作用

从事建筑设计和施工的工程技术人员，必须掌握力学基础与建筑结构的基本理论和知识。施工人员只有掌握了这些知识，才能懂得建筑物中各种构件的作用、受力情况、传力途径、建筑结构的构造要求以及构件在一定工作条件下可能的破坏机理等。这样，在施工中就可以正确理解设计意图，确保工程质量，避免事故发生。另外只有掌握了这些知识，才能在不同的施工情况下，提出合理的施工方法及正确分析工程事故原因。许多工程事故，是由于施工人员不懂得力学与建筑结构知识造成的。例如不懂梁的内力分布规律使雨篷或阳台的受力筋放错，造成雨篷或阳台折断；不懂预应力知识，造成预应力圆孔板在运输、堆放、吊装过程中破坏等。

五、学习方法

学习力学基础与建筑结构要注意理论联系实际，同时要注意理解基本原理，掌握基本方法，多做练习，切忌死记硬背。在掌握基本内容后再做练习，才能收到良好的效果。

第一篇 力学基础

第一章 静力学基础

第一节 静力学基本概念

静力学基本概念包括平衡的概念、力的概念、刚体的概念。

一、平衡的概念

物体相对于地球静止或作匀速直线运动叫平衡。例如房屋、水坝、桥梁、匀速起吊的构件都是处于平衡状态。

二、力的概念

1. 力的含义

力是物体间的相互机械作用，这种作用的效果会使物体的运动状态发生变化，或者使物体发生变形。例如，人推小车时，人对小车施加了力，使小车的运动状态发生了变化，由静止到运动，同时感到小车也在推人；手用力拉弹簧，使弹簧发生伸长变形，同时感到弹簧也在拉手。物体运动状态的改变是力的外效应，物体形状的改变是力的内效应。

既然力是物体与物体之间的相互作用，因此，力不能脱离物体而单独存在，有受力物体必有施力物体。并且力是成对出现的，有作用力必有反作用力。

2. 力的三要素

实践证明，力对物体的作用效果，取决于三个要素：①力的大小；②力的方向；③力的作用点。这三个要素称为力的三要素。

为了度量力的大小，我们必须规定力的单位，在国际单位制中，力的单位用牛(N)或千牛(kN)。

力的方向通常包含作用线方位和指向两个含义。

力的作用点就是力对物体作用的位置。力的作用位置实际上有一定的范围，不过当作用范围与物体相比很小时，可近似地看作是一个点。作用于一点的力叫集中力。例如汽车轮子对地面的压力是集中力。

在力的三要素中，有任一要素改变时，都会对物体产生不同的效果。例如用大小、方向不同的力推小车，对小车的作用效果不同。力的作用点不同，对物体的作用效果也不同。例如关门时将力作用于门上A点，门能关上，若将同样大小、方向的力作用在门的转动轴附近B点，门就不能关上。见图1-1。

3. 力的图示法

力是一个有大小和方向的量，所以力是矢量。

通常用一带箭头的线段表示力的三要素。线段的长度(按选定的比例)表示力的大小；线段与某定直线的夹角表示力的方位，箭头表示力的指向；

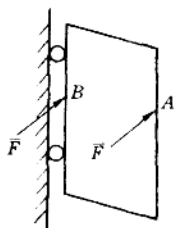


图 1-1

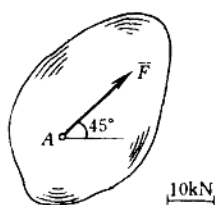


图 1-2

线段的起点或终点表示力的作用点。如图 1-2 所示，按比例量出力 $\vec{F}$ 的大小是 20 kN，力的方向与水平线成 45° 角，指向右上方，作用在物体的 A 点上。

代表力矢量的符号常用黑体字母如 $\mathbf{F}$ 、 $\mathbf{P}$ 或加一横线的细体字母 $\vec{F}$ 、 $\vec{P}$ 等表示。细体字母 F 、 P 等只表示力矢量的大小。

4. 力系

同时作用在同一物体上的一群力，称为力系。如果一个力系作用在物体上，使物体处于平衡状态，则这个力系称为平衡力系。如果一个力系对物体的作用效果与另一个力系对该物体的作用效果相同，那么这两个力系彼此是等效力系。

三、刚体的概念

任何物体在力的作用下，都会产生变形。但是，在正常情况下，工程实际中许多物体的变形都非常微小，例如建筑物中的梁，它在中央处的最大下垂一般只有梁长度的 $1/250 \sim 1/600$ 。这样微小的变形，对于讨论物体的平衡问题影响甚少，可以忽略不计。因而在讨论物体的平衡问题时，可将物体看成是不变形的。

在任何外力作用下，大小和形状不变的物体，称为刚体。在静力学部分，我们把所讨论的物体都看作是刚体。这样可大大简化计算，其计算结果能满足工程要求。

然而，当讨论物体受力作用后会不会破坏时，变形就是一个主要的因素，这时就不能再把物体看作刚体，而应该看作变形体。

第二节 静力学公理

静力学公理是人类在长期的生产和生活实践中，经过反复观察和实验总结出来的普遍规律。它阐述了力的一些基本性质，是静力学的基础。

一、力的平行四边形公理

作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个力，合力也作用于该点上，合力的大小和方向是由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。如图 1-3 所示。

求 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 的合力 $\vec{R}$ ，可以用一个矢量式表示如下：

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (1-1)$$

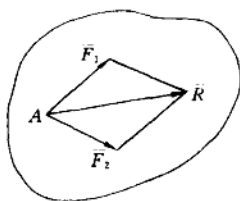


图 1-3

读作：合力 $\vec{R}$ 等于力 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 的矢量和，注意矢量和与代数和完全不同。只有当两力共线时，其合力才等于两力的代数和。

力的平行四边形公理总结了最简单力系的简化规律，它是力合成和分解的依据，也是较复杂力系简化的基础。

二、二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力，使刚体平衡的必要和充分条件是：这两个力大小相等，方向相反，且作用在同一直线上。如图 1-4 (a)、(b) 所示。

力 $\vec{F}_A$ 与 $\vec{F}_B$ 大小相等方向相反, 用矢量式子表示为 $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$ 。

受两个力作用处于平衡的物体, 称为二力体, 若二力体为杆件, 则称为二力杆, 二力杆上二力的作用线必在二力作用点的连线上, 如图 1-5 (a)、(b)。

三、作用与反作用公理

两个物体间的作用力和反作用力, 总是大小相等, 方向相反, 并沿同一作用线分别作用在这两个物体上。

这个公理概括了两个物体间相互作用力的关系。说明力永远是成对出现的, 物体间的作用总是相互的, 有作用力就有反作用力, 两者总是同时存在, 又同时消失。

这里要注意公理二和公理三有本质的区别。

二力平衡公理中的二力是作用在同一刚体上的, 它说的是二力平衡的条件。

而作用与反作用公理中的二力是分别作用在两个物体上的, 因此不能相互平衡。不论物体是否平衡, 也不论物体是否是刚体, 在任何情况下, 作用力与反作用力永远是成对出现的。

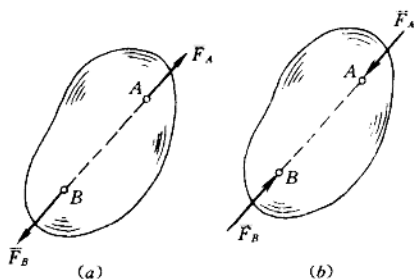


图 1-4

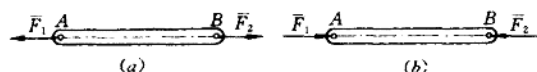


图 1-5

例如电梯内放一木箱, 木箱自重 $\vec{G}$, 图 1-6 (a)。当木箱平衡时, 作用在木箱上的重力 $\vec{G}$ 和电梯底板的支持力 $\vec{N}$ 是平衡二力。木箱给电梯底板一反作用力 $\vec{N}'$, $\vec{N}'$

与 $\vec{N}$ 是作用与反作用力, 如图 1-6 (b)。当电梯向上加速运动时, 作用在木箱上的力 $\vec{N}$ 大于重力 $\vec{G}$, 但此时, 作用与反作用力 $\vec{N}$ 与 $\vec{N}'$ 仍然相等, 如图 1-6 (c)。

四、加减平衡力系公理

在作用于刚体的任意力系中, 加上或去掉任何一个平衡力系, 并不改变原力系对刚体的作用效果。

因为平衡力系不会改变刚体的运动状态, 即平衡力系对刚体的运动效果为零, 所以在刚体的原力系上加上或去掉一个平衡力系, 是不会改变刚体的运动效果的。

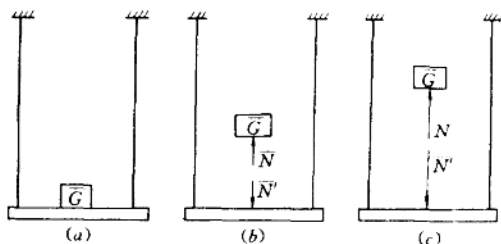


图 1-6

1. 力的可传性原理

推论 1: 作用在刚体上的力可沿其作用线移动到刚体的任意一点, 而不改变原力对刚体的作用效果。

证明:

(1) 设力 $\vec{F}$ 作用在刚体上 A 点, 如图 1-7 (a)。

(2) 根据加减平衡力系公理, 可在力的作用线上任取一点 B, 加上一个平衡力系 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 并使 $F_1 = F_2 = F$, 如图 1-7 (b)。

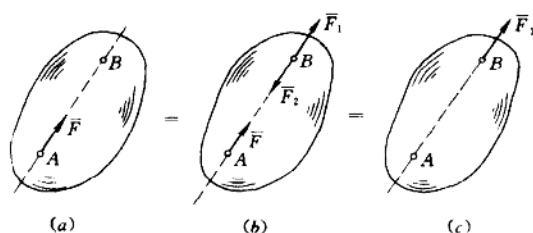


图 1-7

(3) 力 $\bar{F}$ 和 $\bar{F}_2$ 是一个平衡力系, 根据加减平衡力系公理, 可以去掉, 所以只剩下作用在 B 点的力 $\bar{F}_1$, 如图 1-7 (c)。

(4) 力 $\bar{F}_1$ 和原力 $\bar{F}$ 等效, 就相当于把作用在 A 点的力沿其作用线移到 B 点。

力的可传性原理是我们所熟知的。例如, 用绳拉车, 或者沿同一直线, 以同样大小、同样方向的力用手推车, 对车产生的运动效果相同。

应当指出, 加减平衡力系公理和力的可传性原理只适用于刚体, 而不适用于变形体。例如, 直杆 AB 受等值、反向、共线的两个力作用产生缩短变形, 如图 1-8 (a), 如果将这两个力沿其作用线移到杆的另一端如图 1-8 (b), 则杆产生伸长变形, 因此, 当研究杆件的变形时力的可传性原理就不适用了。

2. 三力平衡汇交定理

推论 2: 一刚体受共面互不平行的三个力作用而平衡时, 这三个力的作用线必汇交于一点。

证明:

(1) 设有共面不平行的三个力 $\bar{F}_1$ 、 $\bar{F}_2$ 、 $\bar{F}_3$ 分别作用在一刚体上的 A_1 、 A_2 、 A_3 三点而成平衡 [图 1-9 (a)]。 $\bar{F}_1$ 、 $\bar{F}_2$ 的作用线交于 A 点。

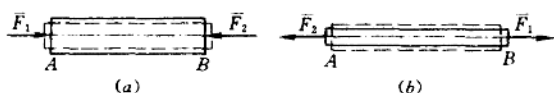


图 1-8

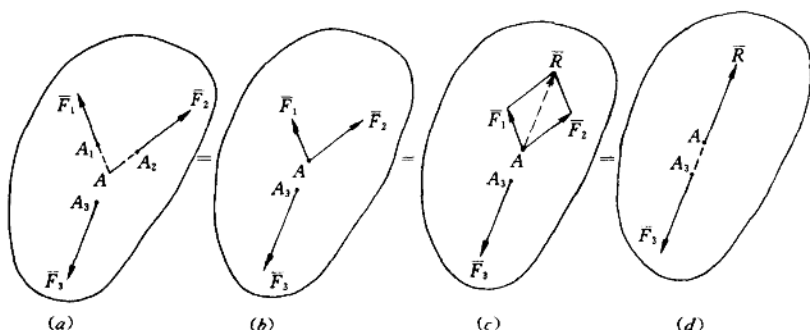


图 1-9

(2) 根据力的可传性原理, 将力 $\bar{F}_1$ 、 $\bar{F}_2$ 移到 A 点, 如图 1-9 (b)。

(3) 根据力的平行四边形公理, 求出 $\bar{F}_1$ 、 $\bar{F}_2$ 的合力 $\bar{R}$, 如图 1-9 (c)。 $\bar{R}$ 也作用在 A 点。

(4) 用合力 $\bar{R}$ 代替分力 $\bar{F}_1$ 、 $\bar{F}_2$ 的作用, 如图 1-9 (d)。至此, 我们将三力平衡问题转换成了我们所熟知的二力平衡问题。

(5) 因刚体平衡, 由二力平衡公理得知, $\bar{R}$ 与 $\bar{F}_3$ 共线, 就是说, 力 $\bar{F}_3$ 必通过力 $\bar{F}_1$ 、 $\bar{F}_2$ 的交点 A, 即三个力 $\bar{F}_1$ 、 $\bar{F}_2$ 、 $\bar{F}_3$ 的作用线必汇交于一点。

第三节 约束与约束反力

一、约束和约束反力的概念

在工程实际中,任何构件都受到与它相联系的其他构件的限制,而不能自由运动。例如,大梁受到柱子的限制,柱子受到基础的限制等。

一个物体的运动受到周围物体的限制时,这些周围物体就称为该物体的约束。例如上面所提到的柱子是大梁的约束,基础是柱子的约束。

物体所受到的力一般可以分为两类。一类是使物体运动或使物体有运动趋势的力,称为主动力,例如重力、水压力、土压力等。主动力在工程上称为荷载。另一类是约束给物体的限制物体运动的力,称为约束反力,简称反力。

由于约束能阻止物体沿某方向的运动,所以约束反力的方向总是与约束所能阻止物体运动的方向相反。

约束反力的确定是静力学研究的主要内容。约束反力与约束类型有关,下面介绍工程上常见的几种约束及其约束反力的特征。

二、几种常见的约束及其反力

1. 柔体约束

绳索、链条、皮带等用于阻碍物体运动时,叫做柔体约束。由于柔体约束只能限制物体沿着柔体约束的中心线离开柔体的运动,所以柔体约束的约束反力过连结点沿柔体约束中心线且为拉力,常用字母 $\bar{T}$ 表示,如图 1-10。

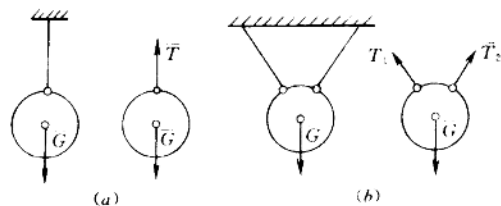


图 1-10

2. 光滑接触面约束

当约束与物体在接触处的摩擦力很小,即可以略去不计时,就是光滑接触面约束。因为没有摩擦力,这种约束不能阻止物体沿着接触面的公切线方向滑动,也不能阻止物体离开支承面的运动,只能阻止物体压入支承面。所以,光滑接触面的约束反力通过接触点,其方向沿着接触面的公法线且为压力,常用字母 $\bar{N}$ 表示,如图 1-11 所示。

3. 圆柱铰链约束与固定铰链支座

两物体用圆柱形光滑销钉相连接,这种约束称为圆柱铰链、简称铰链或铰,如图 1-12 所示。通常用图 1-13 表示两物体用铰连接的简图。

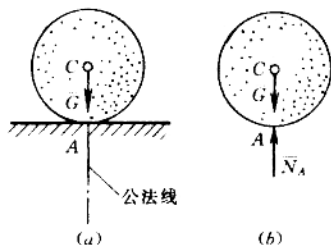


图 1-11

若一物体与支座用铰连接。而支座固定在不动的支承面上,这种约束称为固定铰链支座,简称铰支座,如图 1-14 (a) 所示。图 1-14 (b) 为铰支座的简图。

铰及铰支座这类约束的特点是销钉只能阻止物体在垂直于销钉轴线平面内任何方向移动,而不能阻止物体绕销钉转动。当物体受主动力作用时,销钉与物体可在某处接触,且接触处是光滑的。忽略摩擦力,销钉便是物体的

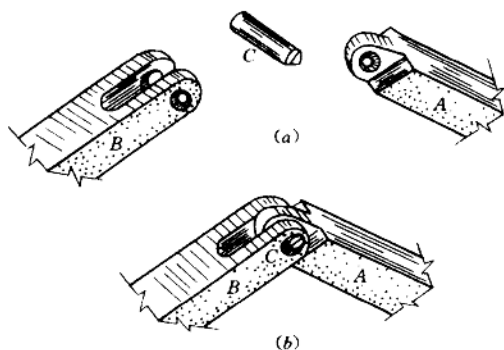


图 1-12

光滑面约束。由光滑接触面的约束反力可知，销钉对物体的约束反力必作用于接触点 A 并通过销钉中心，如图 1-14 (a)。由于接触点 A 一般不能事先确定，所以铰和铰支座的约束反力通过销钉中心，方向不定。通常用两个互相垂直的分力来表示，指向可假设，如图 1-14 (c)。

4. 可动铰支座

在铰支座的底座下安装上圆柱形滚子，可以沿支承面滚动，就成为可动铰支座，如图 1-15 (a) 所示。图 1-15 (b) 表示可动铰支座的简图。

假设支承面是光滑的，则约束只能阻止物体沿垂直于支承面方向运动，不能阻止物体沿支承面运动。所以可动铰支座的约束反力垂直于支承面，通过销钉中心，方向不定。如图 1-15 (c) 所示。

5. 连杆约束

连杆约束是指两端用光滑销钉与物体相连接，且中间不受力的直杆。在图 1-16 (a) 中的支架中，直杆 BC 就是横杆 AB 的连杆约束。连杆只能限制物体沿着连杆中心线趋向或离开连杆的运动，而不能限制其他方向的运动。所以，连杆约束反力沿着连杆轴线，指向不定。图 1-16 (b) 中的 $\bar{N}_{BC}$ 是连杆 BC 作用于横杆 AB 的约束反力。连杆约束的简图及反力如图 1-16 (c) 和图 1-16 (d) 所示。

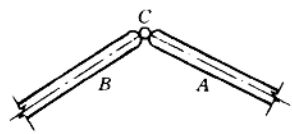


图 1-13

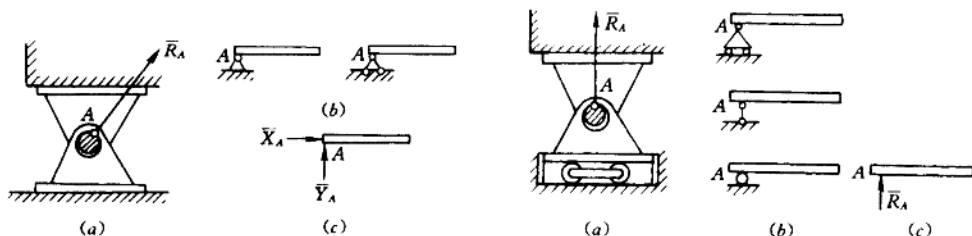


图 1-14

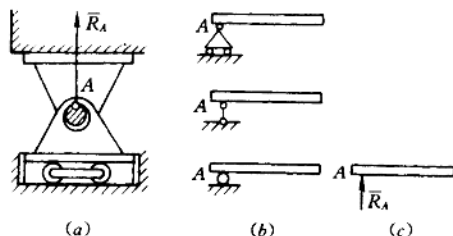


图 1-15

另一方面，我们分析连杆的受力情况，连杆只在两端各有一个力作用而处于平衡状态，故连杆为二力杆。其所受的力必沿着连杆的中心线，或为拉力，或为压力；而连杆对物体的反作用力也沿着连杆中心线，指向未定。

6. 固定端支座

构件与支承物固定在一起，构件在固定端既不能沿任何方向移动，也不能转动，这种支承叫固定端支座，见图 1-17 (a)。图 1-17 (b) 是固定端支座的简图。固定端既能限制构件移动，又能限制构件转动，所以固定端支座约束反力除产生水平反力和竖向反力外，还

有一个阻止转动的约束反力偶^①。其支座反力如图 1-17 (c) 所示。

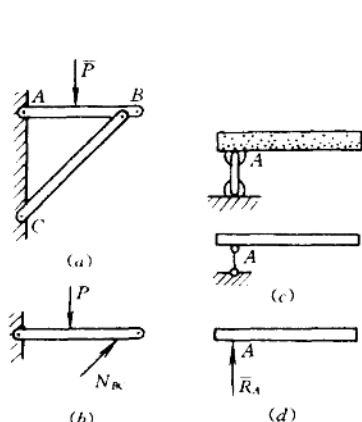


图 1-16

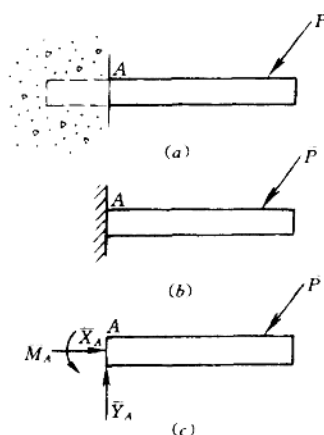


图 1-17

第四节 结构计算简图

一、基本概念

在工程实际中，结构的构造和作用的荷载，往往是很复杂的，完全根据结构的实际情况进行力学计算是不可能的，也是不必要的。因此，需要将实际结构加以简化，略去不重要的细节，抓住基本特点，用一个简化的图形来代替实际结构，这种图形叫做结构计算简图。也就是说，结构计算简图是在结构计算中用来代替实际结构的力学模型。结构计算简图应当满足以下要求：①基本上反映结构的实际工作性能；②计算简便。

把实际结构变为计算简图，主要在三个方面作了简化：①荷载的简化；②支座的简化；③结构的简化。下面分别叙述。

二、荷载与荷载的简化

(一) 荷载的分类

(1) 按其作用在结构上的范围分为集中荷载和分布荷载：

如果荷载作用在结构上的面积与结构的尺寸相比很小，就叫集中荷载。例如屋架或梁对柱子或墙的压力，次梁对主梁的压力等。

如果荷载连续地作用在整个结构或结构的一部分上，就叫分布荷载。例如风荷载、雪荷载等。

在分布荷载中，按荷载的分布情况又分为体荷载、面荷载和线荷载。

如果荷载分布在物体的体积内，就叫体荷载，如重力。其常用单位是牛/米³ (N/m³) 或

^① 大小相等，方向相反，不共线的两个平行力组成的力系，叫做力偶。力偶可用一段带箭头的弧线表示。力偶只能使物体转动，不能使物体移动。

千牛/米³ (kN/m³)。如果荷载分布在物体的表面,就叫面荷载,如楼板上的荷载,挡土墙所受的土压力等。面荷载的常用单位是牛/米² (N/m²) 或千牛/米² (kN/m²)。如果荷载沿构件轴线(构件横截面形心的连线)分布,就叫线荷载,线荷载的常用单位是牛/米 (N/m) 或千牛/米 (kN/m)。

当分布荷载在各处的大小均相同时,叫做均布荷载;当分布荷载在各处的大小不相同时,叫做非均布荷载。

(2) 按作用时间的长短分为恒载和活荷载:

长期作用在结构上的不变荷载叫恒载。如构件的自重和土压力等。

施工期间可能作用在结构上的可变荷载叫活荷载。所谓“可变”,是指这种荷载有时存在,有时不存在,其作用位置也可以在构件中移动。如风荷载、雪荷载,厂房吊车荷载、施工机械、人群等对结构的作用力。

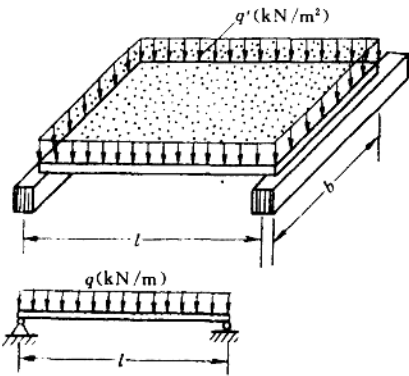


图 1-18

(二) 荷载的简化

实际工程中荷载的作用方式是多种多样的,在计算简图上,通常可将荷载作用在杆轴上,并简化为集中荷载和分布荷载两种作用方式。

在建筑结构计算中,又常将体荷载、面荷载化为沿构件轴线方向的线荷载。例如将梁的自重(体荷载)简化为沿梁轴分布的线荷载。

下面介绍均布面荷载化为均布线荷载的计算。

图 1-18 中的平板,板宽为 b (m),板跨度为 l (m),若在板上受到均匀分布的面荷载 q' (kN/m²) 的作用,那么,在这块板上受到的全部荷载 Q 为

$$Q = q'bl(\text{kN})$$

而荷载 Q 是沿板跨度均匀分布的,于是,沿板长度方向均匀分布的线荷载 q 大小为

$$q = \frac{q'bl}{l} = q'b(\text{kN/m})$$

可见均布面荷载简化为均布线荷载时,均布线荷载的大小等于均布面荷载的大小乘以受荷宽度。

三、支座的简化

支座的简化包括确定支座的类型和确定支座的位置两部分内容。

1. 可简化为铰支座的结构举例

搁支在砖墙上的横梁或板,砖墙是梁或板的支座,见图 1-19 (a)。砖墙阻止了梁或板的移动,但梁或板与墙之间不是一个整体,所以墙不能阻止梁有微小转动,这种构造的支座相当于一个铰。因为整个梁不可能在水平方向移动,所以一端简化成固定铰支座。又因为在温度变化时,梁可在水平方向发生伸

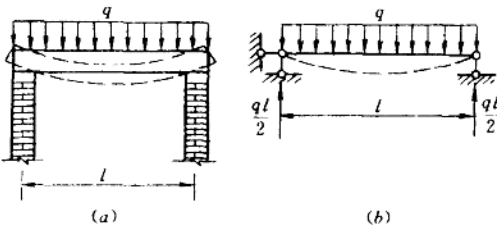


图 1-19

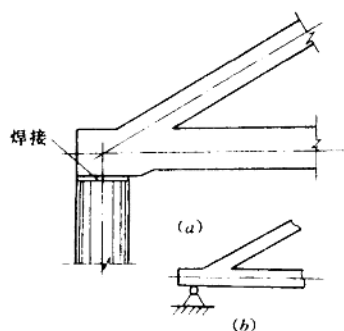


图 1-20

缩变形，所以另一端简化成可动铰支座。

支座位置定在砖墙横截面中点。计算简图如图 1-19 (b) 所示。

图 1-20 (a) 中的屋架，其端部支承在柱子上，通过预埋在屋架和柱子上的两块垫板间的焊缝连接。这种屋架不可能产生上下、左右的移动，但因焊缝不长，屋架可以产生微小的转动。因此，柱子对屋架的这种约束可看成固定铰支座。如图 1-20 (b) 所示。

如图 1-21 (a)，预制钢筋混凝土柱插入杯形基础后，在柱脚与杯口之间填入沥青麻丝，基础允许柱子产生微小的转动，但不允许柱子上下、左右移动。因此这种基础可看成固定铰支座，如图 1-21 (b) 所示。

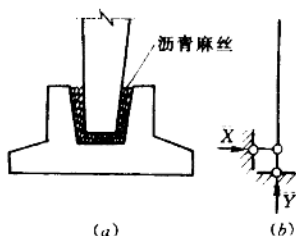


图 1-21

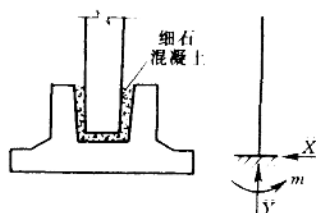


图 1-22

2. 可简化为固定端支座的结构举例

预制钢筋混凝土柱插入杯形基础后，当杯口四周用细石混凝土填实、地基较好且基础较大时，可简化为固定端支座（图 1-22）。

如图 1-23 (a) 房屋中的雨篷，它的一端嵌固在墙内，墙既能阻止雨篷移动，又能阻止其转动，可简化为固定端支座，如图 1-23 (b) 所示。

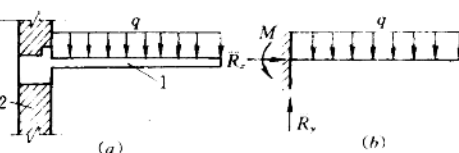


图 1-23

四、结构与构件的简化

在计算简图中，要把构件用它的纵轴线来表示，还要把各个构件之间的连结点（称为结点）进行简化。结点一般有铰接点和刚结点两种类型。

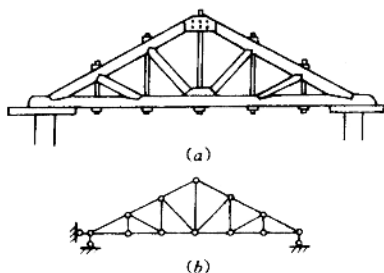


图 1-24

（1）可简化为铰结点的结构举例。图 1-24 (a) 为木屋架的构造图。我们用杆轴线代替杆件，杆件在结点处能相对转动，不能相对移动，简化为铰，称为铰结点。计算简图如图 1-24 (b) 所示。

（2）可简化为刚结点的结构举例。图 1-25 (a) 是某钢筋混凝土框架顶层的构造图。图中梁和柱的混凝土为整体浇注，梁和柱的钢筋为互相搭接，梁和柱节点处