



中等职业教育特色精品课程规划教材  
中等职业教育课程改革项目研究成果

# 土木工程力学

tumu gongcheng lixue

■ 主编 王尤光

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪中等职业教育特色精品课程规划教材  
中等职业教育课程改革项目研究成果

# 土木工程力学

主 编 王允光  
编 委 李建平 邓春梅 南三军  
郝建军 刘 猛 李伯林

## 内 容 提 要

本书针对中等职业技术学校教学编著,可作为中等职业学校土建、市政、交通、水利等专业的力学教材,也适合作为中职自学考试和岗位培训、技术等级考核培训等教学用书。本课程是土木专业的一门重要基础理论课,此次编写打破原理论力学、材料力学和结构力学的学科界线,精选其必需够用内容,进行了重组和整合,是按照贯通型土木工程力学的体系来编写的。编辑本书的主要任务是为学习后续的相关专业课程和从事力学工作打好基础。根据中等职业技术学校学生情况及国内外教材编写经验,本书删去了较深的理论推导和复杂的数学运算,突出基本概念与应用,叙述深入浅出,力求做到“通俗易懂、好教好学”的特点。

全书共分十章,内容包括力的基本概念和力学模型,平面力偶理论,平面一般力系,静定结构的内力分析,失效分析基础,应力、强度计算,结构的位移计算与刚度校核,压杆的屈曲失效和稳定条件,超静定结构和平面体系的集合组成分析等。

版权专用 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

土木工程力学 / 王尤光主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010. 7  
ISBN 978 - 7 - 5640 - 3275 - 3

I. ①土… II. ①王… III. ①土木工程 - 工程力学 - 专业学校 - 教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 111132 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 11

字 数 / 282 千字

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

责任校对/张沁萍

定 价 / 21.00 元

责任印制/母长新

---

图书出现印装质量问题, 本社负责调换



# 前 言

本书针对中等职业技术学校教学编著，可作为中等职业学校土建、市政、交通、水利等专业的力学教材，也适合作为中职自学考试和岗位培训、技术等级考核培训等教学用书。本课程是土木专业的一门重要基础理论课，此次编写打破原理论力学、材料力学和结构力学的学科界线，精选其必需够用内容，进行了重组和整合，是按照贯通型土木工程力学的体系来编写的。编辑本书的主要任务是为学习后续的相关专业课程和从事力学工作打好基础。根据中等职业学校学生情况及国内外教材编写经验，本书删去了较深的理论推导和复杂的数学运算，突出基本概念与应用，叙述深入浅出，力求做到“通俗易懂、好教好学”的特点。

全书共分十章，内容包括力的基本概念和力学模型，平面力偶理论，平面一般力系，静定结构的内力分析，失效分析基础，应力、强度计算，结构的位移计算与刚度校核，压杆的屈曲失效和稳定条件，超静定结构和平面体系的组合组成分析等。

在本书编写过程中参考了大量的文献资料，在此对其作者一并表示感谢。

由于作者水平有限，加上时间仓促，书中难免存在不足之处，恳请读者多提宝贵意见，以便进一步修改。

编 者



# 目 录

<b>第一章 力的基本概念和力学模型</b> .....	1
第一节 力的概念.....	1
第二节 荷载的简化和分类.....	4
第三节 约束和约束力.....	5
第四节 物体的受力和受力图.....	8
第五节 杆件的基本变形 .....	13
第六节 力学模型 .....	14
<b>第二章 平面力偶理论</b> .....	17
第一节 力对点的矩 .....	17
第二节 力偶和平面力偶系 .....	19
第三节 力的平移定理 .....	21
<b>第三章 平面一般力系</b> .....	24
第一节 力在直角坐标轴上的投影 .....	24
第二节 平面力系的简化 .....	27
第三节 平面力系的平衡和应用 .....	32
第四节 物体系统的平衡问题 .....	38



<b>第四章 静定结构的内力分析</b> .....	44
第一节 内力计算基础 .....	44
第二节 轴向拉(压)杆的内力分析 .....	45
第三节 单跨静定梁的内力分析 .....	47
第四节 平面静定结构的内力 .....	54
<b>第五章 失效分析基础</b> .....	66
第一节 应力、应变和构件失效 .....	66
第二节 轴向荷载作用下的材料力学性能和材料失效 .....	71
第三节 安全储备、强度条件和强度失效判别 .....	78
<b>第六章 应力、强度计算</b> .....	82
第一节 平面图形的几何性质 .....	82
第二节 轴向拉压时横截面上的应力和强度计算 .....	89
第三节 剪切、挤压变形时构件的应力和强度条件 .....	92
第四节 连接件的强度计算 .....	94
第五节 梁弯曲时的应力与强度 .....	98
第六节 提高梁抗弯强度的途径 .....	106
第七节 组合变形杆件的强度计算 .....	109
<b>第七章 结构的位移计算与刚度校核</b> .....	119
第一节 静定结构的位移计算概述和轴向拉(压)杆的变形 .....	119
第二节 虚功原理 .....	122
<b>第八章 压杆的屈曲失效和稳定条件</b> .....	134
第一节 压杆的屈曲失效 .....	134
第二节 压杆稳定的概念及临界力计算 .....	136
第三节 压杆稳定的条件和计算方法 .....	144
第四节 提高压杆稳定性的措施 .....	147



<b>第九章 超静定结构</b> .....	151
-----	
<b>第一节 超静定结构概述</b> .....	151
<b>第二节 采用力法解超静定结构</b> .....	154
<b>第十章 平面体系的集合组成分析</b> .....	160
-----	
<b>第一节 结构组成的集合规则和分析方法</b> .....	160
<b>第二节 体系的几何组成与静定性的关系</b> .....	165



## 第一章

# 力的基本概念和力学模型



### 本章概述

人们对力的认识是在长期的生活实践中逐步形成的。用手提起重物时,手臂的肌肉会感到紧张,我们说手臂正在用力。而手臂所起的作用也可以用其他物体来代替,比如,手可以拿住重物,绳子也可以拴住重物,这说明不仅人能对物体有力的作用,物体之间也有力的作用。力作用在物体上会产生什么样的效果?用力推静止的小车,小车就会运动起来;用力拉弹簧,弹簧就会变形。那么,在工程力学中所讲的力又是什么?

本章主要介绍了力的概念和性质,约束和约束力,物体的受力分析、受力图,杆件的基本变形和力学模型,其中涉及作用力和反作用力、二力平衡、结构的分类、力学计算简图和力学模型等力学的基本概念。



### 学习目标

1. 熟练掌握力的三要素。
2. 掌握作用力、反作用力和平衡力。
3. 基本了解约束的类型和力学模型。
4. 掌握物体的受力分析。
5. 掌握约束的概念、功能。
6. 掌握约束反力的概念,以及约束反力的方向总是与它所限制的位移方向相反的概念。

\* \* \* \* \*

## 第一节 力的概念

### 一、力

#### 1. 基本概念

力是物体之间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态发生变化(力的运动效应),或者使物体的形状发生改变(力的变形效应)。

力对物体的作用产生两种效应:运动效应和变形效应。其中运动效应可以分解成移动效应和转动效应两种。例如在足球比赛中,如果运动员要踢出香蕉球(弧线球),在击球时必须



使球向前运动的同时还需使球绕球心转动。前者为移动效应,后者为转动效应。

实践表明,力对物体的效应取决于力的大小、方向和作用点三个要素,称为力的三要素。

在国际单位制(SI)中,力的单位为牛顿(N),工程实际中常采用牛顿的倍数单位千牛(kN), $1\text{ kN} = 10^3\text{ N}$ 。

作用于一个物体上的两个或两个以上的力所组成的系统,称为力系。对物体作用效果相同的力系,称为等效力系。如果一个力和一个力系等效,则该力为此力系的合力,而力系中的各个力称为合力的分力。

## 2. 力的性质

力是一个有大小和方向的量,所以力是矢量。它可以用一段带箭头的线段来表示,线段的长短代表力的大小,箭头表示力的指向(图1-1)。规定用黑体字母 $\mathbf{F}$ 表示力矢量,而用普通字母 $F$ 表示力的大小。通过力的作用点并沿着力的方向作一条直线,这条直线称为力的作用线。

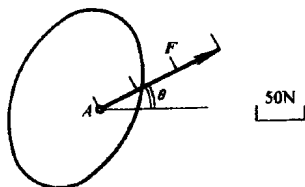


图1-1 力的图示

作用于物体上同一点的两个力可以合成为一个合力,合力也作用于该点,合力的大小、方向由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示(图1-2)。这一性质也称为力的平行四边形法则,可用下面的矢量式表示。

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

即两个交于一点的力的合力,等于这两个力的矢量和;反过来,一个力也可以依照力的平行四边形法则,按指定方向分解成两个分力。

同理,作用于物体上同一点的 $n$ 个力组成的力系,采用两两合成的方法,最终可合成为一个合力 $\mathbf{F}_R$ ,它等于这个力系中所有力的矢量和,即

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \cdots + \mathbf{F}_n = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i \quad (1-1)$$

即 $n$ 个力交于一点。则可以合成为一个合力。它等于这 $n$ 个力的矢量和,合力的作用线通过原力系的交点。

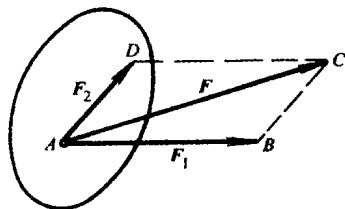


图1-2 力的矢量和

两物体间相互作用的力,总是大小相等、方向相反、沿同一直线,分别作用在这两个物体上。这一性质也称为力的作用与反作用定律。

如作用在同一物体上的两个力大小相等、方向相反、沿同一直线,那么这两个力对物体的运动没有影响,这两个力的合力为零;反过来,一物体上只作用了两个力,而物体是平衡的,那么这两个力必然大小相等、方向相反、沿同一直线。

物体在一个力系作用下处于平衡状态,则称这个力系为平衡力系。在平衡力系作用下物体不产生运动效应。

## 二、作用力与反作用力

力是存在于两物体间的相互作用,甲物体对乙物体有作用力,乙物体也必对甲物体有作用力。它们相互以对方作为自己存在的前提,不能孤立地存在。把其中的任意一个力叫做作用力,另一个力叫做反作用力。

根据牛顿第三定律:两个物体间的作用力和反作用力大小相等、方向相反,作用在同一条直线上。如图1-3(a)所示,重物A压在支撑物B上,因而物体A和B之间有作用力和反作



用力。必须把两个物体分开,才能画出他们之间的作用力和反作用力,如图 1-3(b) 所示。力  $R$  和  $R'$  一定共线、反向、等值,并分别作用在物体 B 和 A 上。

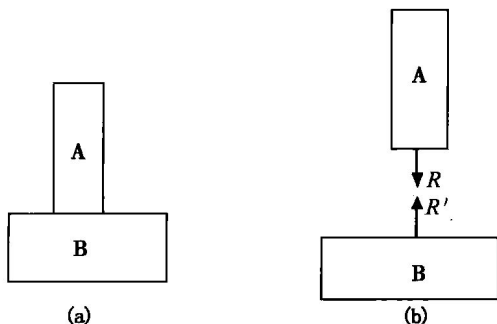


图 1-3 作用力和反作用力

实践证明,物体间的相互作用力总是成对地出现,它们大小相等、方向相反、作用在同一条直线上,并分别作用在两个物体上,这就是作用力与反作用力原理。

### 三、二力平衡

结构平衡的本质就是力与力的平衡,这样才能保证结构处于静止状态或匀速直线运动状态。

#### 1. 二力平衡的概念

刚体受到两个力的作用时,如果保持静止状态或匀速直线运动状态,就说这两个力平衡。刚体在受到几个力作用时,如果保持静止状态或匀速直线运动状态,就说这几个力平衡。在几个力平衡中,二力平衡是最简单的。

工程中将结构处于平衡状态,仅承受两个力作用的杆件称为二力构件或二力杆。二力杆不一定是直杆,也可以是曲杆。

#### 2. 二力平衡条件

如图 1-4(a) 所示,  $AB$  杆两端分别作用  $F_A$  和  $F_B$ , 要使  $AB$  杆平衡, 这两个力必然大小相等、方向相反且作用在同一直线上。如钢丝绳吊重物, 如图 1-4(b) 所示, 重物受到钢丝绳的拉力  $T$  和重力  $G$  的作用, 当物体处于匀速上升的平衡状态时, 这两个力必然大小相等、方向相反且作用在同一直线上。

因此, 作用在物体上的两个力大小相等、方向相反且作用在同一条直线上, 是物体处于平衡状态的充要条件。

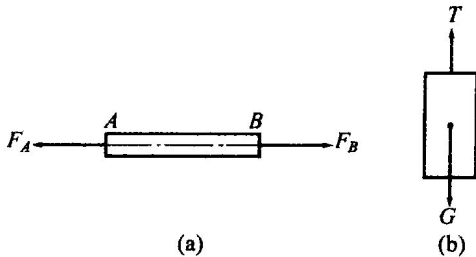


图 1-4 二力平衡



#### 二力平衡的应用

- 利用二力平衡的条件来判断两个力是否平衡;
- 利用二力平衡的条件可求其中一个力。



## 第二节 荷载的简化和分类

### 一、受力物体

物体在受力后都要发生形状、大小的改变,称为变形,但在大多数工程问题中这种变形相对结构尺寸而言是极其微小的。

#### 1. 刚体

当变形对于研究物体平衡或运动的影响可以忽略不计时,可认为该物体不发生变形。这种在受力时保持形状、大小不变的力学模型称为刚体。

由于刚体受力作用后,只有运动效应而没有变形效应,因此,增加或去掉任何一个在刚体上的平衡力系,不改变原力系对刚体的作用。这一原理称为加减平衡力系原理。作用在刚体上的力沿着作用线移动时,不改变其作用效应。这一原理称为力的可传性原理。

#### 2. 变形体

当变形对于研究物体平衡或运动规律不能忽略时,物体称为变形体。变形体在外力作用下会产生两种不同性质的变形:一种是当外力撤除时,变形也会随之消失,这种变形称为弹性变形;另一种是当外力撤除后,变形不能全部消失而残留部分变形,这部分变形,称为塑性变形。

当所受外力不超过一定限度时,绝大多数工程材料在外力撤除后,其变形可消失,这种物体称为弹性变形体,简称弹性体。

本课程只分析构件的小变形。所谓小变形是指构件的变形量远小于其原始尺寸。因此,在确定构件的平衡和运动时,可不计其变形量,仍按原始尺寸进行计算,从而简化计算过程。

### 二、荷载的分类

物体受到的力可以分为两类。一类是使物体运动或有运动趋势的力,称为主动力,例如重力、水压力、土压力等。工程上把主动力称为荷载。另一类是周围物体限制物体运动的力,称为约束力。对于作为研究对象的受力物体,以上两类力通称为外力。

如果力集中作用于一点,这种力称为集中力或集中荷载。实际上,任何物体间的作用力都分布在有限的面积上或体积内,但如果力所作用的范围比受力作用的物体小得多,则作用在物体上力的合力都可以看成是集中力。同理,可以把作用于极小范围的力偶称为集中力偶。

作用范围不能忽视的力(荷载),称为分布力(荷载)。

• 分布在物体的体积内的荷载如重力等,称为体荷载。

• 分布在物体的表面上,如楼板上的荷载,如图 1-5(a)所示和水坝上的水压力等,称为面荷载。

• 如果力(荷载)分布在一个狭长范围内而且相互平行,则可以把它简化为沿狭长面的中心线分布的力(荷载),如分布在梁上的荷载,如图 1-5(b)所示,称之为线分布力或线荷载。

体荷载、面荷载、线荷载统称为分布荷载。

• 单位体积上所受的力,称为体集度,通常用  $\gamma$  表示,单位为  $\text{N}/\text{m}^3$  或  $\text{kN}/\text{m}^3$ 。

• 单位面积上所受的力,称为面集度,通常用  $p$  表示,单位为  $\text{N}/\text{m}^2$  或  $\text{kN}/\text{m}^2$ 。

• 单位长度上所受的力,称为线集度,通常用  $q$  表示,单位为  $\text{N}/\text{m}$  或  $\text{kN}/\text{m}$ 。

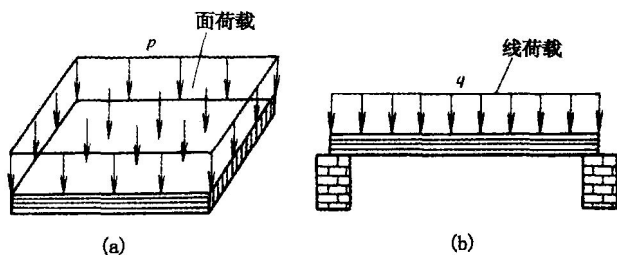


图 1-5 分布荷载

当分布荷载各处大小均相同时,称为均布荷载。如分布荷载各处大小不相同,称为非均布荷载。由于工程中均布荷载较为常见,因此,本课程只讨论均布荷载。如图 1-5(a)所示,板的自重即为面均布荷载,它是以单位面积的重量来计算的。如图 1-5(b)所示,梁的自重即为线均布荷载,它是以单位长度的重量来计算的。

在具体运算的时候通常是将体荷载或面荷载简化为线荷载来进行的。就刚体而言,线均布荷载可转换成它的合力  $F_R$  来进行运算,线均布荷载的合力  $F_R$  大小为线集度  $q$  和荷载分布的长度  $l$  的乘积,其方向和荷载方向一致,作用在荷载分布的中点。

例 1-1 求图 1-6 中均布荷载对 A 点和 B 点的矩。

解 (1) 求均布荷载的合力  $F_R$ 。

$$F_R = ql$$

$F_R$  方向和作用点如图 1-6 所示。

(2) 用合力代替线荷载分别对 A、B 两点取矩

$$M_A = M_A(F_R) = -F_R \times (a + l/2) = -ql(a + l/2)$$

$$M_B = M_B(F_R) = F_R \times l/2 = ql^2/2$$

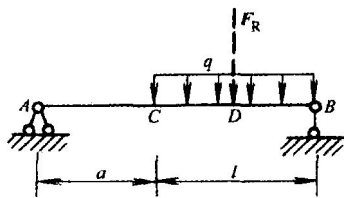


图 1-6 均布荷载梁



### 力学建模

实际工程是很复杂的,对结构进行力学分析时,如果不加区分地考虑所有实际因素,将使问题的分析计算十分困难,甚至无法进行,同时这样也是不必要的。因此,分析实际结构时,需要利用力学知识、结构知识和工程实践经验,并根据实际受力、变形规律等主要因素,忽略一些次要因素,对结构进行科学合理的简化。这是一个将结构理想化、抽象化的简化过程。这一过程称为力学建模。

## 第三节 约束和约束力

### 一、约束与约束力

自然界的一切事物都是以各种形式与周围事物互相联系而又互相制约的。在工程中,任何物体的空间位置都受到周围其他物体的限制,亦即物体的运动都受到与它相联系的其他物

体的限制。如梁的位置受到柱和墙的限制,火车受到铁轨的限制,只能沿铁轨行驶等。

在力学中通常把物体分成两类:

- 自由体 物体能在空间作任意运动,它们的位移不受任何限制。如天空中飞行的飞机、鸟等。

- 非自由体 物体总是以一定的形式与周围其他物体相互联系,即物体的位移要受到周围其他物体的限制。如用绳悬挂的灯可向上、前、后、左、右运动,但不能向下运动,转轴要受到轴承的限制。

在力学中把这种对非自由体的某些位移起限制作用的周围其他物体称为约束。柱和墙是梁的约束,铁轨是火车的约束。

约束对物体必然作用一定的力以阻碍物体运动,这种力就是前面提到的约束力。约束力总是作用在约束与物体的接触处,其方向总是与约束所能限制的运动方向相反。

## 二、约束的类型

### 1. 柔体约束

工程中常见的绳索、传动带、链条等柔性物体构成的约束称为柔体约束,如图 1-7(a) 所示。这种约束只能限制物体沿着柔体伸长的方向运动,而不能限制其他方向的运动。因此,柔体约束力的方向沿着它的中心线且背离研究物体,即为拉力,如图 1-7(b) 所示。

### 2. 光滑面约束

如果两个物体接触面之间的摩擦力很小,可忽略不计,这两物体之间就构成光滑面约束,如图 1-8(a) 所示。这种约束只能限制物体沿着接触点处朝着垂直于接触面方向的运动,而不能限制其他方向的运动。因此,光滑面约束力的方向垂直于接触面或接触点的公切线,并通过接触点,指向物体,如图 1-8(b) 所示。

### 3. 圆柱铰链约束

在两个构件上各钻有同样大小的圆孔,并用圆柱形销钉  $C$  连接起来如图 1-9(a) 所示。如果销钉和圆孔是光滑的,那么销钉只限制两构件在垂直于销钉轴线的平面内相对移动,而不限制两构件绕销钉轴线的相对转动,这样的约束称为圆柱铰链约束,简称铰链或铰。图 1-9(b) 是它的简化示意图。

当两个构件有沿销钉径向相对移动的趋势时,销钉与构件以光滑圆面接触,因此,销钉给构件的约束力  $F_N$  沿接触点  $K$  的法线方向,指向构件且通过圆孔中心,如图 1-9(c) 所示。由于接触点  $K$  一般不能预先确定,所以约束力  $F_N$  的方向也不能确定。因此,铰链约束力作用在垂直于销钉轴线的平面内。通过圆孔中心,方向待定。通常用两个正交分力  $F_x$  和  $F_y$  来表示铰链约束力,如图 1-9(d) 所示,两分力的指向是假定的。

### 4. 链杆约束

如一构件在其两端用铰链与其他构件相连接,此构件中间不受力,这类约束称为链杆约束(图 1-10),也称为二力杆约束,由于构件上只在两端作用了两个约束力,而构件是平衡的,因此这两个力必然大小相等,方向相反,在同一直线上。所以,链杆约束的约束力是沿着两端销

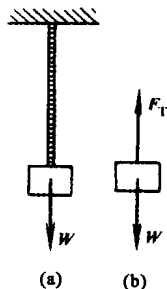


图 1-7 柔体约束

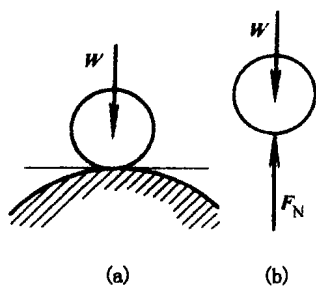


图 1-8 光滑面约束

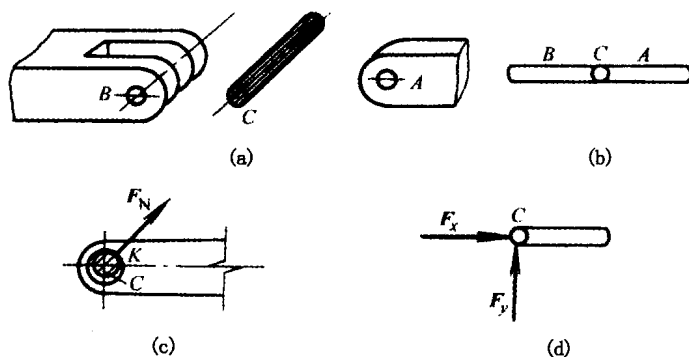


图 1-9 圆柱铰链约束

钉圆心连线,指向待定。

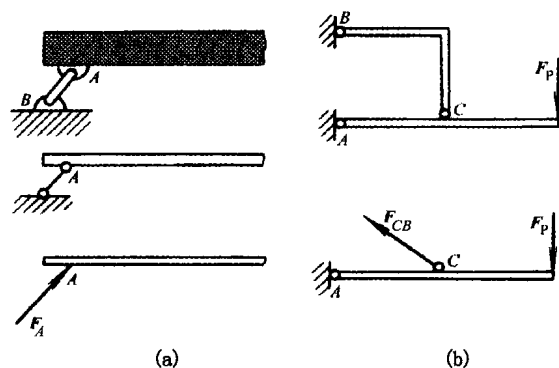


图 1-10 链杆约束

### 5. 支座约束

(1) 固定铰支座 在连接的两个构件中,如果其中一个构件是固定在基础上的支座,如图 1-11(a)所示,则这种约束称为固定铰支座,简称铰支座。图 1-11(b)~(e)是它的几种简化表示形式。固定铰支座约束力与铰链的情形相同如图 1-11(f)所示。

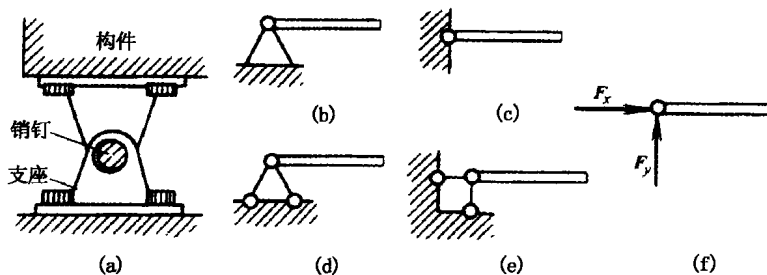


图 1-11 固定铰支座约束

(2) 活动铰支座 如果在支座与支撑面之间装上几个辊子,使支座可沿支撑面移动,就成为活动铰支座,也称为辊轴支座,如图 1-12(a)所示,图 1-12(b)~(d)是它的几种简化表示



形式。如果支撑面是光滑的,这种支座不限制构件沿支撑面移动和绕销钉轴的转动,只限制构件沿支撑面法线方向的移动。因此,辊轴支座约束力垂直于支撑面,通过铰链中心。指向待

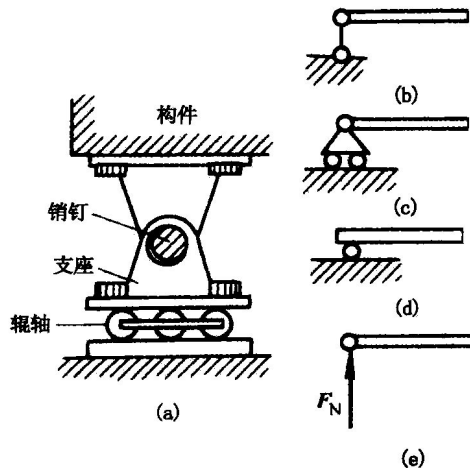


图 1-12 活动铰支座约束

定,如图 1-12(e)所示。

(3) 固定端 如房屋建筑中的挑梁,它的一端牢固地嵌入墙内,如图 1-13(a)所示,墙对梁的约束使其既不能移动,也不能转动,这样的约束称为固定端约束。固定端约束力为一个方向待定的约束力和一个转向待定的约束力偶。方向待定的约束力通常可用水平和竖直的两个分力表示。图 1-13(b)为固定端约束的简化表示形式。图 1-13(c)为支座约束力。

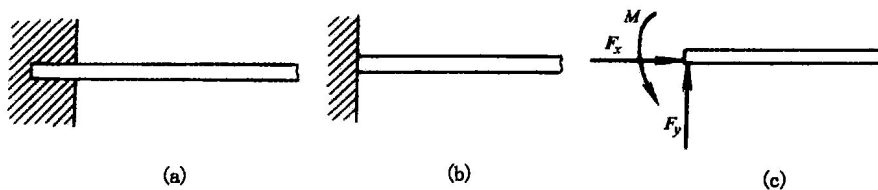


图 1-13 固定端约束

## 第四节 物体的受力和受力图

### 一、结构的分类

工程中结构的类型是多种多样的,就几何观点可分为杆系结构、板和壳类结构以及实体结构。

- 杆系结构由杆件组成,特征是其长度远大于其横截面上其他两个尺度,如图 1-14(a)所示;
- 板和壳类结构的特征是长、宽两个方向的尺寸远大于厚度,如图 1-14(b)、(c)所示;



- 实体结构三个方向的尺度具有相同的量级,如图 1-14(d)所示。

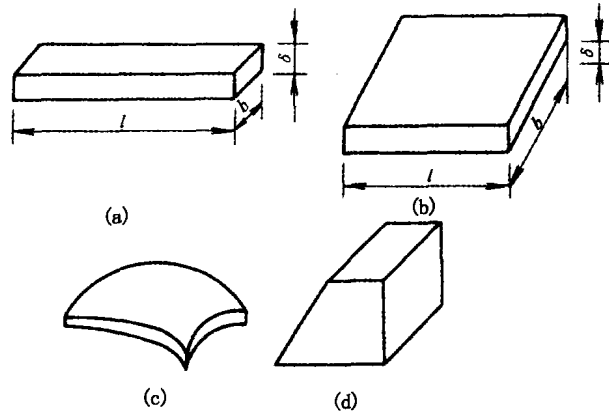


图 1-14 结构的类型

(a) 杆系结构; (b)、(c) 板和壳类; (d) 实体结构

杆系结构又分为平面杆系结构和空间杆系结构。

- 平面杆系结构: 组成结构的所有杆件的轴线及外力都在同一平面内;
- 空间杆系结构: 组成结构的所有杆件的轴线及外力不在同一平面内。

## 二、力学计算简图

### 1. 力学计算简图的定义及原则

对结构和构件的受力和约束经过简化后得到的、用于力学或工程分析与计算的图形,称为力学计算简图或计算简图。

确定力学计算简图的原则是:

- 尽可能符合实际: 力学计算简图应尽可能反映实际结构的受力、变形等特性;
- 尽可能简单: 忽略次要因素, 尽量使分析计算过程简单。

### 2. 力学计算简图各部分的选用

杆件的结点一般可分为:

- 铰结点: 用圆柱铰链将杆件连接在一起, 各杆件可围绕其作相对转动, 但不能移动, 如图 1-15 所示。

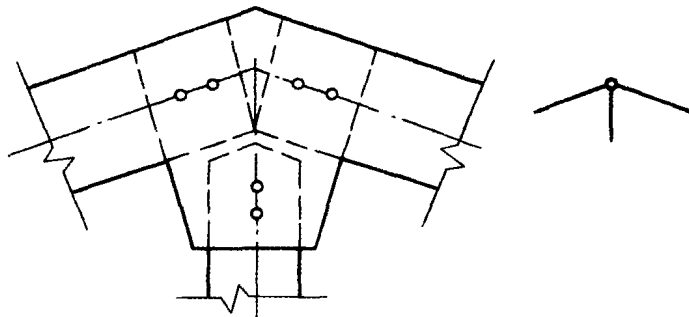


图 1-15 铰结点





• 刚结点:杆件在连接处是刚性连接的,汇交于刚结点处的各杆件之间不发生相对转动(保持夹角不变)与相对移动,如图 1-16。

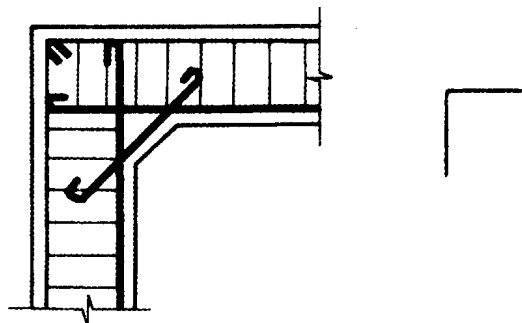


图 1-16 刚结点

根据杆系结构的受力特征和构造特点,力学计算简图中常用杆件的轴线代表杆件;根据结构和约束装置的主要特征选用对应的支座;根据杆件连接处结构的受力特征和构造特点选用对应的结点。

力学计算简图是工程力学与土木工程中对结构或构件进行分析和计算的依据。建立力学计算简图,实际上就是建立力学与结构的分析模型,不仅需要必要的力学基础知识,而且需要具备一定的工程结构知识。

例 1-2 图 1-17 由角钢  $AB$  和  $CD$  在  $D$  处用连接钢板焊接牢。在  $A$ 、 $C$  两处用混凝土浇筑埋入墙内,制成搁置管道的三角支架。现在三角支架上搁置了两个管道,大管重  $W_1$ ,小管重  $W_2$ ,试画出三角支架的力学计算简图。

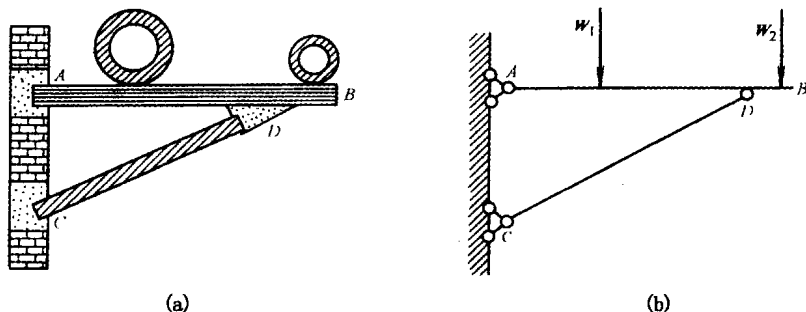


图 1-17 例 1-2 图

解 (1) 构件的简化 角钢  $AB$  和  $CD$  的长度远大于其他两个尺度,是杆系结构,用杆件的轴线代表杆件,由于角钢的自重比管道的重量小得多,因此可忽略不计。

(2) 支座的简化 由于杆件嵌入墙内的实际长度较短,加之砂浆砌筑的墙体本身坚实性差,所以在受力后,杆件在  $A$ 、 $C$  处有产生微小松动的可能,即杆件在此处可能发生微小的转动,所以起不到固定端约束的作用,只能将  $A$ 、 $C$  处简化成固定铰支座。在  $D$  处焊缝同样也不能阻止角钢  $AB$  和  $CD$  的相对微小的转动,故将  $D$  处简化为铰链。

(3) 荷载的简化 由于管道和角钢接触面很小,故将管道传来的荷载简化为集中荷载。

经过以上简化,即可得到图 1-17(b) 所示三角支架的力学计算简图。