



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 结构力学

(上册)

朱慈勉 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 结 构 力 学

(上册)

朱慈勉 主编

高等教育出版社

## 内容提要

本书属普通高等教育“十五”国家级规划教材,是按照教育部力学课程教学指导委员会拟定的《结构力学课程教学基本要求》编写的,旨在适应当代工程概念分析及概念设计的理念和需要。本书的特点是:以结构力学的基本概念、基本原理及其科学运用为主线;以认知规律为出发点;以工程实践为背景;以素质与能力的提高为目标。本书是同济大学有关教师在长期从事结构力学教学和科研以及工程实践的基础上写成的,体现了作者有关“概念结构力学”的基本思想。

全书分上、下两册。上册共7章,主要内容包括静定结构部分以及力法和位移法。下册共5章,主要内容包括矩阵位移法、超静定结构的实用计算方法与概念分析、结构动力学、结构的稳定性和极限荷载,并附有平面刚架静力分析的源程序及说明。

本书概念清晰、内容简明、深入浅出和联系实际。在介绍解题方法的同时更注重“就事论道”和“由技入道”,力求使读者深刻领会客观规律并掌握事物的本质。另外,研制了CAI教学软件光盘,通过动画生动地展现教学内容并积极引发课堂讨论,可供教师方便地实现多媒体教学。

本书可作为高等学校土木、交通、水利、机械和力学等各专业的结构力学教材,也可作为相关专业工程技术人员等的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

结构力学(上册)/朱慈勉主编. —北京:高等教育出版社,2004.1

ISBN 7-04-013079-3

I. 结... II. 朱... III. 结构力学-高等学校-教材 IV. O342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 105278 号

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100011  
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所  
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16  
印 张 15  
字 数 360 000  
插 页 1

版 次 2004年1月第1版  
印 次 2004年1月第1次印刷  
定 价 17.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究



## 主编简介

朱慈勉(Zhu Cimian) 同济大学土木工程学院教授,博士学位,博士研究生导师,结构力学教研室主任,国家教育部高等学校力学基础课程教学指导委员会委员,上海市土木工程学会会员,国家一级注册结构工程师,国家注册监理工程师。

1970年毕业于清华大学工程力学数学系固体力学专业,此后几年在国家第一机械工业部第八设计院从事结构设计工作,1978年进入同济大学。长期从事结构力学等课程的教学和结构工程领域的科学研究与工程实践,曾多次获得国家级和上海市科技进步奖和教学成果奖,发表学术论文数十篇。提出了“概念结构力学”与“计算结构力学”并进的学科发展思想,并付诸于教学实践。1997年和2003年曾先后获得上海市育才奖和高等学校名师奖。

# 序

现代工程技术的日益进步和电子计算机的飞速发展对结构力学学科产生了深远的影响。一方面,大型工程结构在各种复杂因素作用下的分析,要求强化结构力学基本概念的综合运用和概念设计的理念;另一方面,运算能力的剧增又要求发展与之相适应的结构分析理论与方法。这就促使传统结构力学向“概念结构力学”和“计算结构力学”两个方向的纵深发展。高等学校工程类专业的结构力学课程教学需要与之相适应,以利于培养出满足现时代需要的专业人才。

本书的编写力求改变以往课程教学中常以介绍传统的结构力学计算方法为主的状况,而是致力于结构力学基本概念的培养及其运用能力的提高。结构计算电子化后,许多传统的计算方法本身可能已逐步失去实际应用价值,但其相应的基本概念和基本原理在结构分析中仍具有重要地位和价值。实际上,力学基本概念和基本原理在工程中的综合运用能力,则正是当代结构工程领域科技人员所应具备的最重要的素质。

本书的特点是:以结构力学的基本概念、基本原理及其科学运用为主线;以认知规律为出发点;以工程实践为背景;以素质与能力的提高为目标。本书注意概念清晰、内容简明、深入浅出和联系实际。在介绍解题方法的同时更注重“就事论道”和“由技入道”,力求使学生深刻领会客观规律并掌握事物的本质。

本书是同济大学有关教师在长期从事结构力学教学、科研以及工程实践的基础上写成的,体现了作者有关“概念结构力学”的基本思想。全书分上册(共7章)、下册(共5章),由朱慈勉主编并编写第1、5、9、10章。参加本书编写工作的还有江利仁(第3章)、张伟平(第6章部分内容、第12章),李建新(第6章部分内容、第11章及附录),龙仲芬(第4、7章)和王琳鸽(第2、8章)。书中强调了有关线弹性体系的基本假设,以及各种基本理论、基本方法以及公式的适用前提;突出了静定和超静定结构受力状态的概念分析,并纳入了对于概念分析有重要作用的剪力分配法的基本原理;提出了诸如利用瞬时中心求解带斜杆的超静定刚架、运用联合法绘制影响线和利用电模拟分析杆件并联、串联关系等行之有效的分析方法;编写了相当数量的有关概念分析和与工程实践密切相关的例题和习题,其中不少是近年来的期终试题或研究生入学考试试题。

本书承蒙北京建筑工程学院刘世奎教授审阅,并提出了宝贵的修改意见。哈尔滨工业大学王焕定教授、同济大学朱伯钦教授也对本书提出了许多有益的建议。在此,谨向他们表示衷心的感谢。此外,同济大学教务处对本书的出版高度重视并给予大力支持,冷金荣、顾绍义、罗文钊等精心制作了本书的电子文稿,一并表示感谢。

欢迎批评和指正。

朱慈勉

2003年11月于同济大学

# 主要符号表

|                      |                          |
|----------------------|--------------------------|
| $A$                  | 面积、振幅(多自由度)              |
| $\mathbf{A}$         | 位移幅值向量、主振型向量、主振型矩阵       |
| $a$                  | 振幅(单自由度)                 |
| $\mathbf{B}$         | 应变矩阵                     |
| $c$                  | 支座广义位移、粘滞阻尼系数            |
| $C$                  | 弯矩传递系数                   |
| $\mathbf{C}$         | 阻尼矩阵                     |
| $c_{cr}$             | 临界阻尼系数                   |
| $d$                  | 结间距离                     |
| $E$                  | 弹性模量                     |
| $E_p$                | 势能                       |
| $f$                  | 矢高、工程频率                  |
| $F$                  | 简谐荷载幅值                   |
| $F_p$                | 集中荷载                     |
| $\mathbf{F}$         | 结点荷载向量                   |
| $F_H$                | 水平推力                     |
| $F_x, F_y$           | 水平( $x$ )、垂直( $y$ )方向的分力 |
| $F_N$                | 轴力                       |
| $F_Q$                | 剪力                       |
| $F_Q^L, F_Q^R$       | 截面左、右的剪力                 |
| $F_Q^F$              | 固端剪力                     |
| $F_{Pe}$             | 欧拉临界荷载                   |
| $F_{Pcr}$            | 临界荷载                     |
| $F_{Pu}$             | 极限荷载                     |
| $F_P^+$              | 可破坏荷载                    |
| $F_P^-$              | 可接受荷载                    |
| $F_S$                | 弹性力                      |
| $F_I$                | 惯性力                      |
| $F_D$                | 阻尼力                      |
| $F_R$                | 广义反力、反力合力                |
| $\bar{\mathbf{F}}^e$ | 局部坐标系下单元杆端力向量            |

|              |                    |
|--------------|--------------------|
| $F^e$        | 整体坐标系下单元杆端力向量      |
| $G$          | 切变模量               |
| $i$          | 弯曲线刚度              |
| $I$          | 惯性矩(截面二次轴矩)        |
| $\mathbf{I}$ | 单位矩阵               |
| $k$          | 刚度系数、切应力分布不均匀系数    |
| $k_\theta$   | 弹簧的转动刚度系数          |
| $\bar{k}^e$  | 局部坐标系下单元刚度矩阵       |
| $k^e$        | 整体坐标系下单元刚度矩阵       |
| $\mathbf{K}$ | 结构刚度矩阵             |
| $m$          | 质量                 |
| $m$          | 单元质量矩阵             |
| $\bar{m}$    | 单位杆长的质量            |
| $M$          | 力矩、力偶矩、弯矩          |
| $\mathbf{M}$ | 结构质量矩阵             |
| $M^L, M^R$   | 截面左、右的弯矩           |
| $M^F$        | 固端弯矩               |
| $M_u$        | 极限弯矩               |
| $M_s$        | 弹性极限弯矩             |
| $N$          | 形函数矩阵              |
| $q$          | 均布荷载集度             |
| $R$          | 半径                 |
| $r$          | 半径、反力影响系数          |
| $S$          | 静矩(截面一次矩)、转动刚度、影响量 |
| $t$          | 时间                 |
| $T$          | 周期、动能              |
| $\mathbf{T}$ | 坐标转换矩阵             |
| $U$          | 应变能                |
| $u$          | $x$ 方向位移           |
| $v$          | $y$ 方向位移、挠度、速度     |
| $W$          | 功、计算自由度、重量、弯曲截面系数  |
| $W_u$        | 截面塑性抵抗矩            |
| $w$          | 单元位移向量             |
| $X$          | 广义多余约束力、广义多余未知力    |
| $Y$          | 振型函数               |
| $y$          | 位移                 |
| $Z$          | 广义未知位移             |
| $\mathbf{Z}$ | 广义未知位移向量           |

|                  |                |
|------------------|----------------|
| $\alpha$         | 线膨胀系数、初相角      |
| $\beta$          | 弦转角、动力系数       |
| $\gamma$         | 剪力分配系数         |
| $\gamma_0$       | 平均切应变          |
| $\Delta$         | 广义未知位移         |
| $\Delta$         | 位移向量           |
| $\bar{\Delta}^r$ | 局部坐标系下单元杆端位移向量 |
| $\Delta^e$       | 整体坐标系下单元杆端位移向量 |
| $\delta$         | 柔度系数、位移影响系数    |
| $\delta$         | 柔度矩阵           |
| $\varepsilon$    | 线应变            |
| $\varepsilon_s$  | 屈服应变           |
| $\mu$            | 弯矩分配系数         |
| $\kappa$         | 曲率             |
| $\varphi$        | 转角             |
| $\theta$         | 截面转角、干扰力频率     |
| $\xi$            | 阻尼比            |
| $\rho$           | 材料密度           |
| $\sigma_b$       | 强度极限           |
| $\sigma_s$       | 屈服应力           |
| $\sigma_u$       | 极限应力           |
| $\omega$         | 自振频率(圆频率)      |



# 目 录

|                                 |      |                                       |       |
|---------------------------------|------|---------------------------------------|-------|
| 主要符号表 .....                     | (I)  | § 4-5 影响线的应用 .....                    | (93)  |
| 第1章 绪论 .....                    | (1)  | § 4-6 简支梁的内力包络图和<br>绝对最大弯矩 .....      | (100) |
| § 1-1 结构力学的研究对象和基本<br>任务 .....  | (1)  | 习题 .....                              | (103) |
| § 1-2 结构的计算简图 .....             | (2)  | 第5章 结构位移计算 .....                      | (108) |
| § 1-3 结构和荷载的分类 .....            | (7)  | § 5-1 概述 .....                        | (108) |
| § 1-4 基本假设 .....                | (9)  | § 5-2 变形体的虚功原理 .....                  | (109) |
| 第2章 平面体系的几何构造分析 .....           | (12) | § 5-3 结构位移计算的一般公式<br>单位荷载法 .....      | (111) |
| § 2-1 概述 .....                  | (12) | § 5-4 静定结构在荷载<br>作用下的位移计算 .....       | (113) |
| § 2-2 平面体系几何不变的必要<br>条件 .....   | (12) | § 5-5 图乘法 .....                       | (117) |
| § 2-3 平面几何不变体系的基本<br>组成规则 ..... | (15) | § 5-6 静定结构在非荷载因素<br>作用下的位移计算 .....    | (122) |
| § 2-4 平面体系几何构造分析<br>举例 .....    | (19) | § 5-7 线弹性体系的互等定理 .....                | (125) |
| § 2-5 体系的几何构造与静<br>定性 .....     | (21) | 习题 .....                              | (127) |
| 习题 .....                        | (22) | 第6章 力法 .....                          | (131) |
| 第3章 静定结构 .....                  | (25) | § 6-1 力法的基本概念 .....                   | (131) |
| § 3-1 概述 .....                  | (25) | § 6-2 超静定次数与力法基本<br>结构 .....          | (133) |
| § 3-2 静定梁和静定平面刚架 .....          | (28) | § 6-3 力法原理与力法方程 .....                 | (135) |
| § 3-3 三铰拱 .....                 | (41) | § 6-4 力法解超静定结构 .....                  | (137) |
| § 3-4 静定平面桁架 .....              | (49) | § 6-5 对称性的利用 .....                    | (145) |
| § 3-5 组合结构 .....                | (61) | § 6-6 支座位移、温度变化等作用<br>下超静定结构的计算 ..... | (154) |
| § 3-6 静定空间结构 .....              | (64) | § 6-7 超静定结构的位移计算 .....                | (159) |
| § 3-7 静定结构的一般性质 .....           | (69) | § 6-8 超静定结构内力计算的<br>校核 .....          | (162) |
| 习题 .....                        | (74) | § 6-9 超静定拱 .....                      | (164) |
| 第4章 静定结构的影响线 .....              | (81) | 习题 .....                              | (170) |
| § 4-1 移动荷载和影响线的<br>概念 .....     | (81) | 第7章 位移法 .....                         | (176) |
| § 4-2 静力法作影响线 .....             | (82) | § 7-1 位移法的基本概念 .....                  | (176) |
| § 4-3 机动法作影响线 .....             | (86) | § 7-2 位移法基本未知量和                       |       |
| § 4-4 联合法作影响线 .....             | (91) |                                       |       |

---

|                                     |       |                        |       |
|-------------------------------------|-------|------------------------|-------|
| 基本结构 .....                          | (177) | 习题 .....               | (208) |
| § 7-3 等截面直杆的转角位移<br>方程 .....        | (179) | 附录 A 铁路和公路的标准荷载制 ..... | (214) |
| § 7-4 位移法原理与位移法<br>方程 .....         | (184) | 附录 B 习题答案 .....        | (216) |
| § 7-5 位移法解超静定结构 .....               | (189) | 附录 C 索引 .....          | (223) |
| § 7-6 对称性的利用 .....                  | (201) | 主要参考文献 .....           | (226) |
| § 7-7 支座位移、温度变化等作用下<br>的位移法计算 ..... | (204) | Synopsis .....         | (227) |
|                                     |       | Contents .....         | (228) |
|                                     |       | 主编简介                   |       |

# 第1章 绪 论

## §1-1 结构力学的研究对象和基本任务

建筑物、构筑物或其他工程对象中支承和传递荷载而起骨架作用的部分称为工程结构。例如,房屋建筑中由楼板、梁、柱、剪力墙以及基础等组成的结构体系,水工建筑物中的大坝和闸门,公路和铁路桥梁、隧道和涵洞,飞机、汽车中的受力骨架等,都是工程结构的典型例子。

工程结构的受力特性和承载能力与结构的几何特征有着密切的联系。从广义来说,结构可按其几何特征分为以下三类:

### 1. 杆系结构

杆系结构是由若干个杆件相互联结而组成的结构。杆件的几何特征是其横截面上两个方向的几何尺度远小于长度。梁、刚架、拱和桁架等都是杆系结构的典型形式。

### 2. 板壳结构

板壳结构也称为薄壁结构,它的几何特征是其厚度远小于其余两个方向上的尺度。房屋建筑中的楼板、壳体屋盖(图 1-1),飞机和轮船的外壳等均属于板壳结构。

### 3. 实体结构

实体结构也称三维连续体结构,其几何特征是结构的长、宽、高三个方向的尺度大小相仿。重力式挡土墙(图 1-2)和水工建筑中的重力坝等属于实体结构。



图 1-1

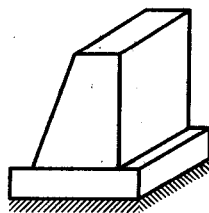


图 1-2

结构力学是研究结构的合理形式以及结构在受力状态下内力、变形、动力反应和稳定性等方面的规律性的学科。研究的目的是使结构满足安全性、适用性和经济方面的要求。具体来说,结构力学的基本任务主要包括以下几个方面:

- (1) 根据功能和使用等方面的不同要求和结构的组成规律,研究结构的合理形式。
- (2) 研究结构内力、变形、动力反应和稳定性计算的理论和办法。
- (3) 研究由结构受力结果确定外界作用信息,或是根据外界作用信息,确定结构的有关信息,或是对结构的受力反应进行控制的理论和办法。

结构力学是结构工程专业的一门重要的技术基础课,它与先修的理论力学、材料力学以及后继的弹塑性力学之间有着密切的联系。前者是属于基础力学;通常的结构力学是以杆系结构为主要研究对象,也称为狭义结构力学;弹塑性力学则以实体结构和板壳结构为主要研究对象。

现代工程技术的日益进步和电子计算机的飞速发展对结构力学学科产生了深远的影响。一方面,大型工程结构在各种复杂因素作用下的分析要求强化结构力学基本概念的综合运用和概念设计的理念;另一方面,运算能力的剧增要求发展与之相适应的结构分析理论和方法,这就促进了传统结构力学向概念结构力学和计算结构力学两个方向的纵深发展。为了适应科技的进步,结构工程领域科技人员的角色和作用也正在发生许多根本性的改变,这就决定了结构力学的课程教学需以力学基本概念及其科学运用为主线;以对客观世界的认知规律为出发点;以工程实践为背景;以素质和能力的提高为根本目标。

## § 1-2 结构的计算简图

一个实际结构的受力情况往往是很复杂的,如果完全按照实际结构的工作状态进行分析,事实上会遇到一定的困难,同时也是不必要的,因而在对实际结构进行力学分析之前,需要作出某些简化和假设。在计算时常把实际结构中的一些次要因素加以忽略,但是又要能反映出实际结构的主要受力特征。这种经过简化了的结构图形称为结构的计算简图。在力学计算中,结构的计算简图就是实际结构的代表。结构计算简图的合理选择,在结构分析中是一个极为重要的环节,也是必须首先要解决的问题。

结构计算简图的选择主要有以下原则:

(1) 保留主要因素,略去次要因素,使计算简图能反映出实际结构的主要受力特征,这就是“存本去末”的简化原则。

(2) 根据需要与可能,并从实际出发,力求使计算简图便于计算,这就是“计算简便”的简化原则。

此外,根据不同的要求与具体情况,对于同一实际结构可选取不同的计算简图。例如,在初步设计阶段可选取较为粗糙的计算简图,在施工图设计阶段可选取较为精细的计算简图;采用手算时可选取较为简单的计算简图,采用电算时可选取较为精确的计算简图;在动力计算时,由于计算比较复杂,可选取较为简单的计算简图,在静力计算时,由于计算比较简单,可选取较为精确的计算简图等。

在选择计算简图时,需要对实际结构的情况进行多方面的简化。以下就作简要的介绍。

### 1. 结构体系的简化

杆系结构可分为平面杆系结构和空间杆系结构两大类。实际结构一般都是空间结构,这样才能抵御来自各个方面的荷载。但在多数情况下常可以忽略一些次要的空间约束的作用,或是将这种空间约束作用转化到平面内,从而将实际结构分解为平面结构,使计算得以简化。

### 2. 杆件的简化

杆系结构中的杆件,在计算简图中均用杆件的轴线来表示,杆件的长度一般可用轴线交点间的距离表示。

### 3. 结点的简化

杆件间相互联结处称为结点。木结构、钢结构和混凝土结构的结点,具体构造形式虽不尽相同,但其结点的计算简图常可归纳为以下两种类型:

### (1) 铰结点

铰结点的特征是所联结各杆可以绕铰作自由转动,因此可用一理想光滑的铰来表示。这种理想情况,在实际工程中很难实现。例如,图 1-3a 所示为木屋架的下弦中间结点构造图,此结点处各杆并不能完全自由地转动,但是由于杆件间的联结对于相对转动的约束不强,受力时杆件发生微小的相对转动还是可能的。因此,将这种结点近似地作为铰结点处理后(图 1-3b),不致引起大的误差。

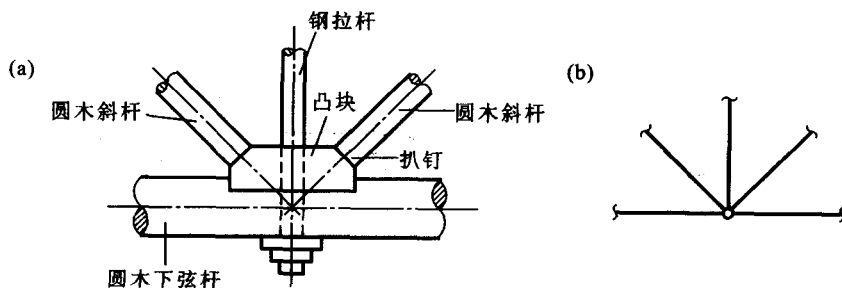


图 1-3

### (2) 刚结点

刚结点的特征是所联结杆件之间不能在结点处产生相对转动,即在刚结点处各杆之间的夹角在变形前后保持不变。

图 1-4a 所示为混凝土多层刚架边柱与横梁的结点构造图。由于边柱与横梁间为整体浇筑,同时横梁的受力钢筋伸入柱内并满足锚固长度的要求,因而就保证了横梁与边柱能相互牢固地联结在一起,构成了刚结点,其计算简图如图 1-4b 所示。

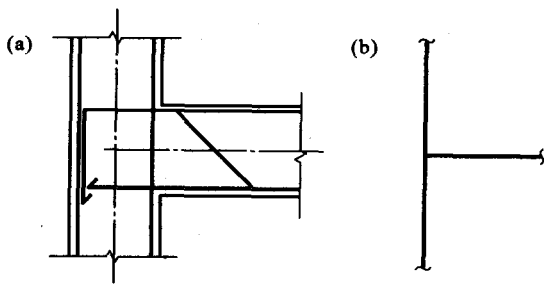


图 1-4

## 4. 支座的简化

结构与基础相联结的部分称为支座。结构所受的荷载通过支座传递给基础和地基。支座对结构的反作用力称为支座反力。平面结构的支座形式主要有以下五种类型:

### (1) 活动铰支座

桥梁结构中所用的辊轴支座(图 1-5a)及摇轴支座(图 1-5b),都是活动铰支座的实例。

活动铰支座的机动特征是结构可绕铰 A 作自由转动,并允许沿支承面  $m-n$  有微小的移动,但限制铰 A 沿垂直于支承面方向的移动。根据活动铰支座的机动特征和受力特征,可用图 1-5c 所示一根竖向支座链杆的计算简图来代表。

### (2) 固定铰支座

固定铰支座的机动特征是结构仍可绕铰 A 转动,但沿水平和竖向的移动受到限制,如图 1-6a 所示。此时,支座反力  $F_{RA}$  仍通过铰 A 的中心,通常分解成水平和竖向的分反力  $F_{xA}$ 、 $F_{yA}$ 。

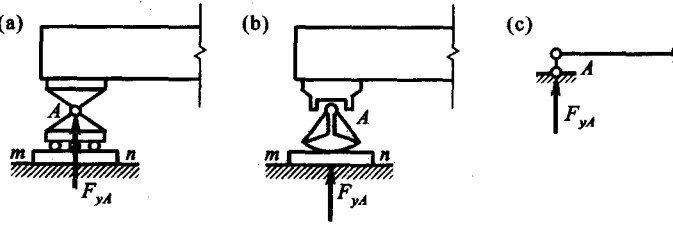


图 1-5

根据固定铰支座的机动特征和受力特征,可用如图 1-6b 或图 1-6c 所示的计算简图表示。

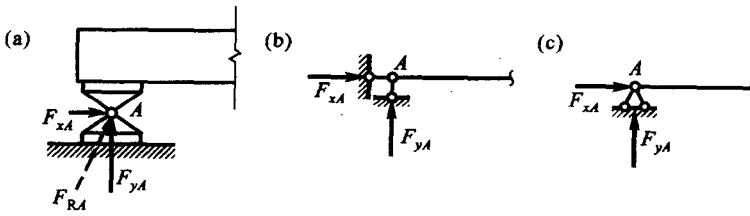


图 1-6

### (3) 固定支座

图 1-7a 所示一悬臂梁,当梁端插入墙身有一定深度时,则可视作固定支座。固定支座的机动特征是结构与支座相联结的  $A$  处,既不能发生转动,也不能发生水平和竖向的移动。相应的支座反力,通常可用反力矩  $M_A$  和水平及竖向分反力  $F_{xA}$ 、 $F_{yA}$  来表示(图 1-7b)。图 1-7c 所示为插入杯形基础的混凝土预制柱,杯口内由细石混凝土填实,当预制柱插入杯口有足够深度时,则杯口面  $A$  处可视为固定支座,其计算简图如图 1-7d 所示。

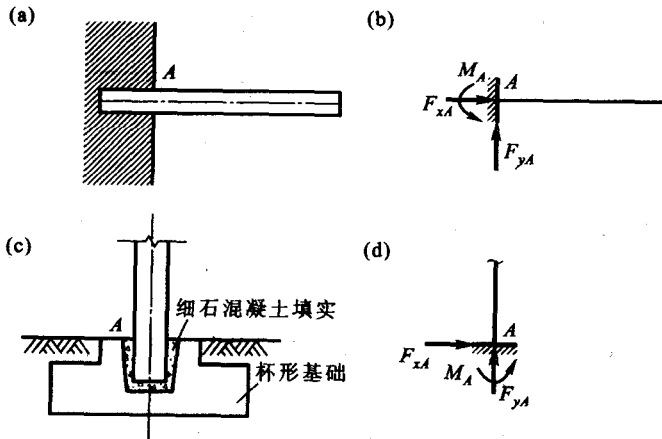


图 1-7

### (4) 滑动支座

图 1-8a 所示为滑动支座(亦称定向铰支座)的示意图,这类支座能限制结构的转动和沿一

个方向上的移动,但允许结构在另一方向上有滑动的自由。例如,图 1-8a 所示的结构在支座处的转动和竖向移动将受到限制,但可沿水平方向有微量滑动,可用两根竖向平行支杆来表示这类滑动支座的机动特征和受力特征(图 1-8b)。相应的支座反力有两个:限制竖直方向移动的反力  $F_{yA}$  和限制转动的反力矩  $M_A$ 。

上述四种支座,均假设支座本身是不能变形的,计算简图中相应的支杆也被认为其本身是不能变形的刚性链杆,这类支座称为刚性支座。

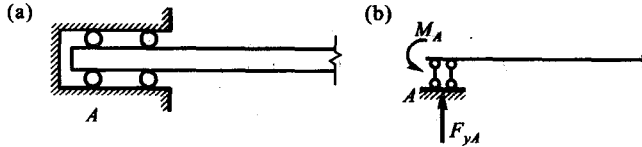


图 1-8

### (5) 弹性支座

若要考虑支座本身的变形,则这类支座称为弹性支座。如图 1-9a 所示的桥面结构,桥面板上的荷载通过纵梁传给横梁,然后由横梁传给主梁,最后由主梁传给桥墩。在荷载的传递过程中,各横梁将起支承纵梁的作用;同时受荷载作用后,中间各横梁将产生弯曲变形而引起竖向位移,此时横梁相当于一个弹簧作用,可用一根竖向弹簧来表示这种支座的性能。它具有一定的抵抗移动的能力,称为抗移弹性支座。例如,图 1-9b 所示纵梁的各中间支座。另外一种弹性支座具有一定的抵抗转动的能力,称为抗转弹性支座。

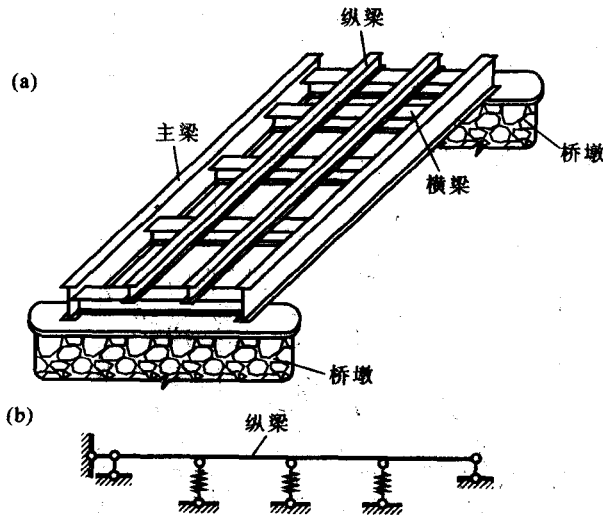


图 1-9

### 5. 荷载的简化

例如建筑物的楼面荷载一般可简化为竖向均布荷载,侧向风荷载一般可沿建筑物高度方向分段简化为水平均布荷载等。

为了说明实际结构的简化过程,现以图 1-10 所示混凝土单层工业厂房的实例说明。厂房是由屋架、屋面板、柱子、吊车梁和支撑体系等所构成的空间结构。当它承受屋面竖向荷载时,荷

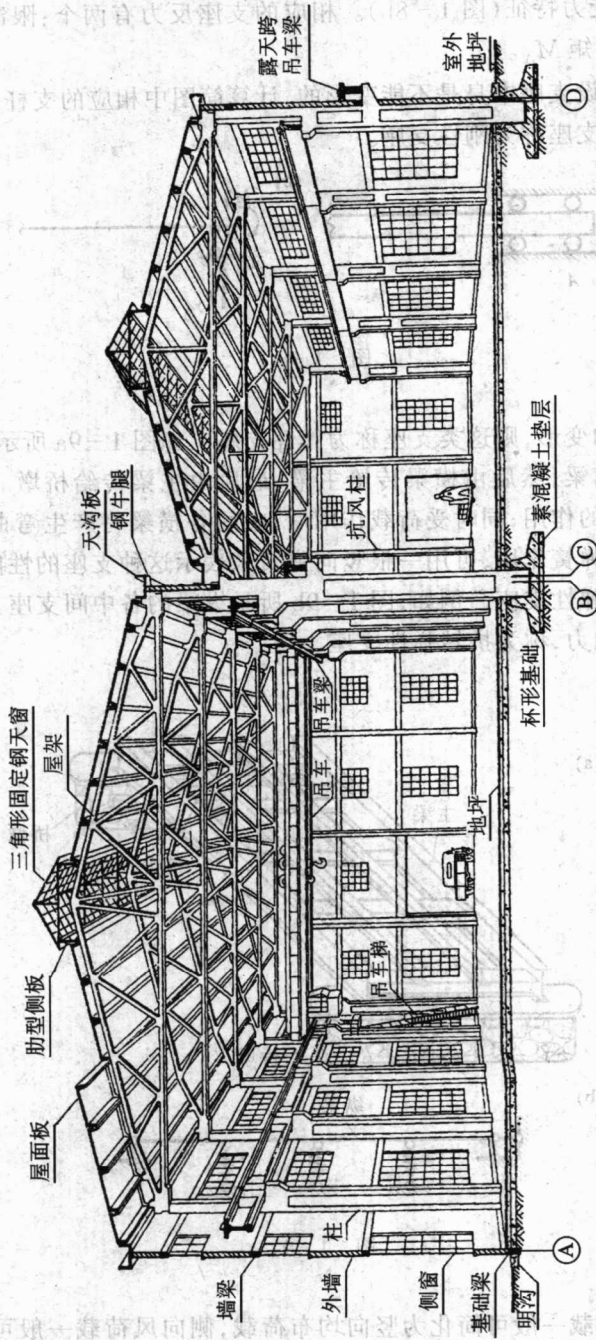


图 1-10

按图 1-10 所示，该屋架为三角形固定朝天架，由角钢和木枋组成。屋架上的檩条为木枋，檩条上铺屋面板，屋面板上铺肋型侧板，肋型侧板上铺天沟板。天沟板上铺钢牛腿，钢牛腿上铺抗风柱，抗风柱上铺吊车梁，吊车梁上铺露天跨。露天跨上铺室外地坪。室外地坪下为素混凝土垫层，素混凝土垫层下为杯形基础，杯形基础下为地基。地基下为室内地坪。

该屋架为三角形固定朝天架，由角钢和木枋组成。屋架上的檩条为木枋，檩条上铺屋面板，屋面板上铺肋型侧板，肋型侧板上铺天沟板。天沟板上铺钢牛腿，钢牛腿上铺抗风柱，抗风柱上铺吊车梁，吊车梁上铺露天跨。露天跨上铺室外地坪。室外地坪下为素混凝土垫层，素混凝土垫层下为杯形基础，杯形基础下为地基。地基下为室内地坪。



载先由屋面板传给屋架,再由屋架两端传给柱子直达基础。当它承受侧向风荷载时,屋面上的风荷载由屋架传至柱顶;侧墙上的风荷载一般可简化为均布荷载由墙体传至柱身,最后传达基础。以上两种荷载分别作用时,厂房除端部外的各榀横向结构的受力和变形情况基本相同,因而可以取出其中的一榀进行计算,这样就可将空间结构转化为平面结构来分析。当厂房承受吊车竖向或水平荷载作用时,由于结构纵向联系较弱,不能提供足够的整体刚度,因而可偏于安全地认为上述荷载仅由吊车所在位置的一榀横向结构单独承受,或者是根据经验确定其所承受吊车荷载的百分比。这样,就仍然可以按照平面结构来分析。

厂房的屋架一般可简化为平面理想桁架(见第3章),柱子与屋架之间系通过预埋钢板,在吊装就位以后再相互焊接的,其联接构造可使屋架端部与柱顶不能发生相对线位移,但不能完全阻止两者之间发生相对转动。这时,可以将柱与屋架的联接视为铰结点。在计算屋架的内力时,可以忽略其传递的柱顶剪力而将其单独取出,并用铰支座代替其与柱子之间的相互联结作用,计算简图分别如图1-11a、b所示;在分析柱子的内力时,可以用实体杆代替原屋架,取计算简图为图1-11c所示的柱顶铰结体系。这种结构体系工程上称为排架。

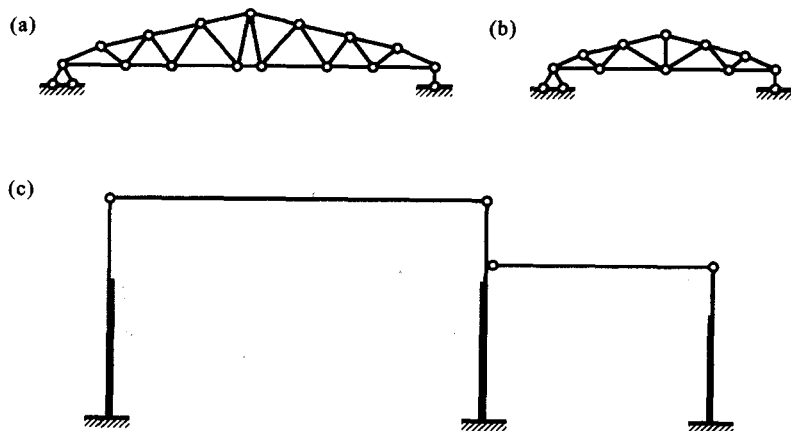


图 1-11

## § 1-3 结构和荷载的分类

### 1-3-1 结构的分类

在结构分析中,是用计算简图代替实际结构的。所谓结构分类,实际上是指结构计算简图的分类。杆系结构通常可分为如下的五种类型:

#### 1. 梁

梁是一种受弯构件,它的轴线一般为直线,在竖向荷载作用下支座不产生水平反力。梁可以是单跨的(图1-12a),也可以是多跨的(图1-12b)。

#### 2. 拱

拱的轴线一般为曲线,拱在竖向荷载作用下支座会产生水平反力,从而可以减小拱截面上的