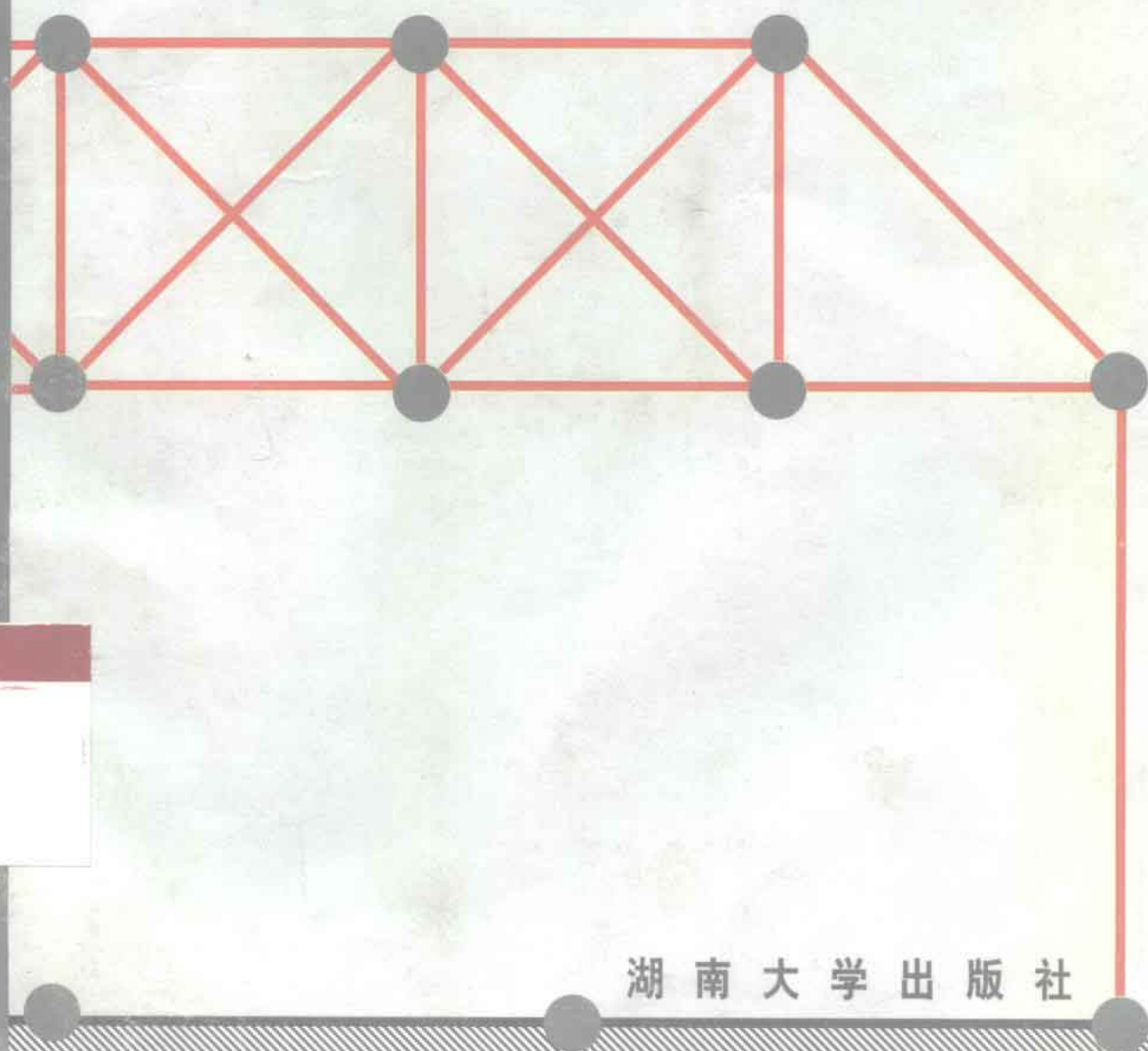


结构力学

STRUCTURE MECHANICS

王清和 刘寿梅 舒谷生 编著



湖南大学出版社

内 容 提 要

本书是根据高工专力学基本要求并结合作者多年来在高等工程专科学校讲授结构力学课程的教学实践编写的试用教材。全书内容包括绪论、平面杆件体系的几何组成分析、平面静定结构的受力分析、虚功原理与位移计算、力法、位移法、渐近法、影响线、矩阵位移法和结构的动力计算,共十章。在选材和内容的叙述方面,本书尽可能地满足高工专培养目标和教学实践的需要,并在基本方法的讲授方面编入了较多的新鲜内容。

本书除可作为房屋建筑工程专业结构力学课程的教材外,也可用作土木建筑类其他专业及土木建筑工程专业的师生和技术人员的参考书。

结 构 力 学

Jiegou Lixue

王清和 刘寿梅 舒谷生 编著

☐ 责任编辑 陈灿华

☐ 出版发行 湖南大学出版社

社址 长沙岳麓山 邮政编码 410082

电话 0731-8821691 0731-8821315

☐ 经 销 湖南省新华书店

☐ 印 装 湖南省望城县湘江印刷厂

☐ 开本 787×1092 16 开 印张 20.25 字数 493 千

☐ 版次 1997 年 9 月第 1 版 ☐ 1997 年 9 月第 1 次印刷

☐ 印数 1-3 000 册

☐ 书号 ISBN 7-81053-104-2/O3·4

☐ 定价 30.00 元

(湖南大学版图书凡属印装差错,请与承印厂联系调换)

序 言

本书是根据国家教委有关高等专科学校力学课程的基本要求并结合当前教学改革
的实践编写的,用于房屋建筑工程专业的教学,也可供土建类其他专业的师生和有关工程技
术人员参考。

在内容的入选和编排方面保留了当前《结构力学》课程的内容体系,以便与有关课程特
别是有关后续专业课程衔接,便于教学安排。在此前提下,我们根据自己的教学实践,进行
了部分调整。在内容繁简处理方面,按高等工业专科学校的教学要求,尽力作到理论部分以
必需、够用为度。例如虚功原理本身的论证、动力计算公式的推导等内容,只作了简要的叙
述;有些公式则直接给出,未作推导;对当前应用广泛的实用方法则以较大的篇幅予以介绍。
例如位移法及建立在其基础上的实用方法,不仅叙述较为详细,而且还介绍了若干技巧性较
强的方法。从静定结构的受力分析中利用力偶系平衡的原理计算某些约束反力到渐近法中迭
代法的灵活应用和常用公式的集中整理,从选用较多的例题并作详尽的讲解到习题的编排,
可以说都是对当前高等专科学校教材特色的探索。这种作法的目的是期望学生在学完本
书后能够掌握几种最常用的分析方法,使之达到或基本达到实用的程度。本书的另一个重要
特点是对基本方法改进方面的探索。这主要体现在位移法及其实用方法的叙述中。其思路是
从引入刚结点的结点刚度概念出发,建立了计算位移法方程系数的新方法,从而使位移法方
程的建立过程得到一定程度的简化。用这一方法列位移法方程时,对于课程中遇到的较简单
的刚架,可以照原结构直接写出方程系数,省去了传统方法中的繁难步骤。在渐近法这一部
分,不仅提出了荷载传递法这一新方法,而且还对迭代法作了改进,建立了加速弯矩迭代收
敛的平衡乘数法。需要说明的是,将结构的柔度与刚度专门列为一节,并作较详细的讨论,
这不仅使上述建立位移法方程的新方法得以配套,而且对有关后续内容的讲授均是有益的。
将结构力学中原有概念和方法进行推广,并在此基础上建立若干新方法,这些都是对结构力
学的改革探索。另外,本书还适当考虑了当前拓宽专业口径的需要。上述诸多新鲜内容的入
选是一种大胆的尝试。我们认为,从教学改革的全局看,这种尝试是必要的。

书中内容大体分以下几个部分。第一部分是本课程按基本要求规定讲授的内容,它占了
本书的绝大部分篇幅。这部分内容是根据当前的习惯讲授顺序编排的。为了分散位移法的难
点,书中第四章增编了“简单结构的刚度与柔度”一节(即§4.7),在第五章增编了“单
跨超静定梁的支座位移问题的进一步讨论”一节(即§5.9)。第二部分是带有小结性的内
容,如第五章的“力法小结与超静定结构的特征”一节(即§5.11)。第三部分是供选的内
容,这些内容的前面一般都加注“*”号。另外,矩阵位移法(第九章)的电算部分作为实
践性内容另作安排。讲授本书需要110学时左右。

本书由湖南大学李家宝教授担任主审。

该书从体系的形成到编写出版,得到了湖南大学成文山教授的指导;湖南城建高等专科
学校的部分老师和有关各方也给予了大力支持和帮助,在此深表谢意。

由于作者水平有限,书中定有不少错讹之处,诚请读者赐教。

湖南城建高等专科学校

王清和 刘寿梅 舒谷生

1997年4月

目 次

序 言

第一章 绪 论	1
§ 1.1 结构力学概述	1
§ 1.2 结构计算简图	2
§ 1.3 几种典型的计算简图	5
§ 1.4 荷载的分类	7
第二章 平面杆件体系的几何组成分析	8
§ 2.1 几何组成分析的目的	8
§ 2.2 平面杆件体系的自由度和约束	8
§ 2.3 几何不变体系的几何组成规律	13
习 题	20
第三章 平面静定结构的受力分析	22
§ 3.1 隔离体平衡条件的运用	22
§ 3.2 静定梁的受力分析	26
§ 3.3 静定平面刚架	35
§ 3.4 静定拱结构	43
§ 3.5 静定平面桁架	50
§ 3.6 静定组合结构	58
§ 3.7 静定结构的静力特性	61
习 题	64
第四章 虚功原理与位移计算	70
§ 4.1 刚体虚功原理	70
§ 4.2 变形体系的虚功原理与位移计算公式	74
§ 4.3 荷载作用下结构的位移计算	76
§ 4.4 图乘法	78
§ 4.5 温度变化的影响	83
§ 4.6 线弹性结构的互等定理	86
§ 4.7 简单结构的刚度与柔度	88
习 题	96
第五章 力 法	102
§ 5.1 超静定结构的基本特点和超静定次数的确定	102
§ 5.2 力法的基本原理和步骤	103
§ 5.3 超静定梁与超静定刚架的计算	106
§ 5.4 力法典型方程	113
§ 5.5 用力法求解排架、桁架与组合结构	114
§ 5.6 对称性的利用	119
§ 5.7 支座位移与温度变化的影响	129

§ 5.8 两铰拱的计算.....	133
§ 5.9 单跨超静定梁的支座位移问题的进一步讨论.....	137
§ 5.10 超静定结构最后内力图的校核.....	140
§ 5.11 力法小结与超静定结构的特征.....	142
习 题.....	144
第六章 位移法	149
§ 6.1 位移法的基本思路.....	149
§ 6.2 转角位移方程.....	152
§ 6.3 无侧移刚架的计算.....	158
§ 6.4 有侧移刚架的分析·位移法典型方程.....	162
§ 6.5 计算示例.....	169
§ 6.6 用剪力分配法计算铰接排架.....	176
§ 6.7 对称性的利用.....	179
§ 6.8 支座位移与温度变化的影响.....	183
§ 6.9 列位移法方程的其他方法.....	185
习 题.....	189
第七章 渐近法	193
§ 7.1 力矩分配法.....	193
§ 7.2 迭代法的基本原理与步骤.....	199
§ 7.3 对称性的利用.....	211
§ 7.4 加速弯矩迭代收敛的平衡乘数法.....	219
§ 7.5 荷载传递法.....	222
习 题.....	226
第八章 影响线	229
§ 8.1 影响线概念.....	229
§ 8.2 简支梁的内力影响线.....	230
§ 8.3 外伸梁的影响线.....	231
§ 8.4 影响线的简单应用.....	234
§ 8.5 简支梁的内力包络图.....	237
§ 8.6 简支梁的绝对最大弯矩.....	238
§ 8.7 连续梁的内力包络图.....	240
习 题.....	246
第九章 矩阵位移法初步	249
§ 9.1 局部坐标系中的单元刚度方程.....	249
§ 9.2 单元参量的坐标变换.....	253
§ 9.3 直接刚度法中的后处理法.....	258
§ 9.4 矩阵位移法方程的求解.....	266
§ 9.5 计算连续梁时的处理方法.....	274

§ 9.6 非结点荷载的处理.....	277
习 题.....	280
第十章 结构动力计算初步	283
§ 10.1 结构动力计算概述.....	283
§ 10.2 单自由度系统的自由振动.....	284
§ 10.3 单自由度系统的受迫振动.....	290
§ 10.4 两个自由度系统的自由振动.....	299
习 题.....	306
参考文献	309
英汉名词对照	310

CONTENTS

Chapter 1 Introduction

- 1.1 General outline of structural mechanics**
- 1.2 Simplified schematic of structural calculation**
- 1.3 A few representative simplified schematic of structural calculation**
- 1.4 Classifying for loads**

Chapter 2 Geometric composite analysis for plane pole hierarchy system

- 2.1 Purpose for geometric composite analysis**
- 2.2 Degree of freedom and constraint for plane pole system**
- 2.3 Geometric composite law of geometric invariant hierarchy system**

Chapter 3 Force analysis for plane superstatically determinate structure

- 3.1 Utilization of balance condition of isolation body**
- 3.2 Force analysis on statically determinate beam**
- 3.3 Statically determinate rigid frame**
- 3.4 Statically determinate arch structure**
- 3.5 Statically determinate plane truss**
- 3.6 Statically determinate composite structure**
- 3.7 Static force character of statically determinate structure**

Chapter 4 Imaginary work principle and displacement calculation

- 4.1 Imaginary work principle of rigid body**
- 4.2 Imaginary work principle and displacement calculation formula of deformation hierarchy system**
- 4.3 Displacement calculation with structure exceed load**
- 4.4 Method of schematic-multiply**
- 4.5 Influence with temperature variation to pedestal displacement**
- 4.6 Mutually equal theorem for linear elastic structure**
- 4.7 Stiffness and flexibility of simple structure**

Chapter 5 Force method

- 5.1 Fundamental characteristic of superstatically determinate structure and definition on superstatically determinate number**
- 5.2 Basic principle and steps of force method**
- 5.3 Calculating of superstatically determinate beam and rigid frame**

- 5.4 Representative equation of force method
- 5.5 Finding solutions of bent, truss and composite structure with force method
- 5.6 Utilization of symmetry
- 5.7 Influence of temperature variation
- 5.8 Calculation of two-splice arch
- 5.9 Further discussion on pedestal displacement of single span superstatically determinate beam
- 5.10 Proof of the last inner force schematic of superstatically determinate structure
- 5.11 The brief summary of force method and the characteristic of super-statically structure

Chapter 6 Displacement method

- 6.1 Basic thinking of force method
- 6.2 Angle displacement equation
- 6.3 Calculation of rigid frame without side sway
- 6.4 Analysis of rigid frame with side sway
- Representative equation of displacement
- 6.5 Calculation examples
- 6.6 Computing bent with the shearing force distribution method
- 6.7 Utilization of symmetry
- 6.8 Influence with temperature variation to pedestal displacement
- 6.9 The other method to list displacement equation

Chapter 7 Asymptotic method

- 7.1 Moment distribution method
- 7.2 Basic principle and steps of iterative method
- 7.3 Utilization of symmetry
- 7.4 Balance multiplier method to quicken convergence of bending moment iteration
- 7.5 Load transfer method

Chapter 8 Influence line

- 8.1 Concept of sway load and influence line
- 8.2 Influence line of inner force
- 8.3 Influence line of outer-extending beam
- 8.4 Simple utilization of influence line
- 8.5 Enveloping schematic of inner force for simply supported beam
- 8.6 The absolute biggest bending moment of simply supported beam
- 8.7 Enveloping schematic of inner force for continuous beam

Chapter 9 Preliminary of matrix displacement method

- 9.1 Unit stiffness equation in local coordinate system**
- 9.2 Coordinate transformation of unit parameter**
- 9.3 Post treating method of direct stiffness method**
- 9.4 Finding solutions of matrix displacement equation**
- 9.5 Treating method when calculating the continuous beam**
- 9.6 Treatment of the non-node load**

Chapter 10 Preliminary of dynamic calculation of structure

- 10.1 General outline on dynamic calculation of structure**
- 10.2 Free vibration of single freedom system**
- 10.3 Forced vibration of single freedom system**
- 10.4 Free vibration of two-freedom system**

第一章 绪 论

§ 1.1 结构力学概述

1 概 述

建筑物是建筑材料按一定规则组成的物体,其中有些部分如梁、柱、屋架等相互联结成一个整体,起着支承荷载并将荷载传递到基础的作用,是建筑物中的骨架部分,称之为土木工程结构,或简称结构。常见的结构有杆系结构、板壳结构和实体结构三大类。杆系结构与其他类型结构的区别在于它由若干杆件组成,其几何特征是杆件的长度远远大于杆件的横截面尺寸。按杆件在空间的配置情况及所承受的荷载情况的不同,杆系结构又可分为平面杆系结构和空间杆系结构。在承受荷载时,若略去杆件的变形,则杆系结构中各杆间的相对位置保持不变,即杆系结构是稳固的杆件体系。

结构力学以杆系结构作为其研究对象。结构力学的研究任务包括以下三个方面:

- (1) 研究结构内力与变形的分析方法,以便进行结构强度与刚度的验算;
- (2) 研究结构的稳定性以及在动力荷载作用下结构的反应;
- (3) 研究结构的几何组成规律与合理形式,结构计算简图的确定与选择。

结构力学研究的客观实验依据包括以下几个方面:力的平衡条件或动力学规律;变形的几何连续条件;应力与变形所遵从的物理条件。求解结构力学问题通常要将上述几个条件进行统筹考虑。在本课程涉及到的大部分结构的分析中,采用了材料力学的基本假设,如变形微小,变形与内力的关系服从虎克定律等。

2 结构力学研究方法的基本思路

结构力学的基本思路是将结构中各杆件看成由相互约束装置以及与基础或支承物间的联系构成的一个整体,分析时将各杆隔离开来,把杆端力当作相互约束反力,并运用三个客观实验依据联立求解。

从处理实际问题的过程来看,主要有以下几个步骤:

- (1) 实际结构计算简图的确定;
- (2) 研究各类计算简图的分析方法;
- (3) 将计算结果用于设计与施工。

其中,第二部分称为结构分析,即本书的讲授内容——结构力学。

结构力学是一门重要的技术基础学科,它的分析结果将作为设计与施工的依据。较之于一般基础课程,它向工程实践深入了一个层次。学习结构力学前,除需要一定的理论力学、材料力学和数学基础知识外,经验表明还必须掌握一部分物理学知识与方法。结构力学作为一门力学学科,与其他力学学科相比在学习方法方面有共同点,此外它还有自己的特点。例如,结构力学中有一些内容,与一些基本原理密切相关,又频繁地得到应用,因此,必须十分熟练地掌握。

§ 1.2 结构计算简图

我们已经很熟悉力学模型这一重要概念。在结构力学中，通常把在结构的受力分析中所采用的力学模型称为结构计算简图。一般说来，实际的土木工程结构都是很复杂的，要完全按照实际结构的受力情形进行分析计算，既不可能也不必要。在对结构进行分析计算时，应将实际的结构及其受力情形加以简化，略去一些次要的因素，保留结构基本的和主要的特征，以便得到一个易于分析计算的简化的结构计算模型，即结构计算简图。

简化的一般原则是：保留实际结构的基本的、主要的力学特征，忽略次要的因素，并且要便于计算。如图 1.1(a)，预制的“T”型截面梁的两端搁置于砖墙上，梁上有一重物 W 。在确定计算简图时，略去梁的截面尺寸、具体构造、材料性质等因素，用各截面形心连线代表梁。按图示支承情况，可认为该梁简支于砖墙上。重物 W 与梁在轴线方向的接触范围很小，将其简化为集中荷载，作用在轴线上，力的作用线通过重物的重心。最后，得到如图 1.1(b)所示的计算简图。

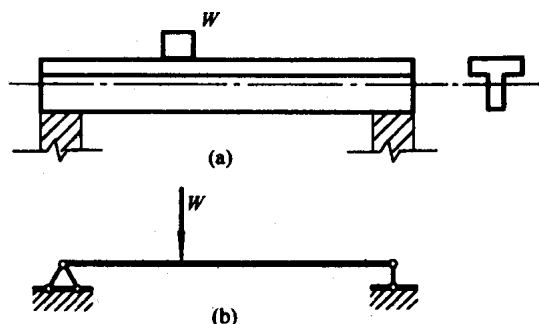


图 1.1

确定计算简图时，一般应对实际结构进行以下几个方面的简化。

1 杆件的简化

考虑到杆件的长度一般较其横截面尺寸大很多，因而用杆件轴线代替杆件。

2 荷载的简化

当荷载沿杆件轴线方向分布的范围不大时，可简化为集中荷载，力的作用线必须通过重物的重心。荷载沿轴线方向分布的范围较大时应看作分布荷载。当分布荷载沿轴线方向的集度变化不大时，可简化为均布荷载。

3 结点的简化

结构中若干根杆件的相互联结处称为结点。实际的结点占有一定的空间区域，简化时把它看成几何点，汇交各杆的轴线便交于此几何点。结点一方面将汇交各杆联系在一起，使各杆近端产生的变形与位移和约束性质相容；另一方面产生约束反力，传递相互作用。实际结构的结点构造多种多样，确定计算简图时常将它们归并为两种理想情况，即铰结点与刚结点。

3.1 铰结点

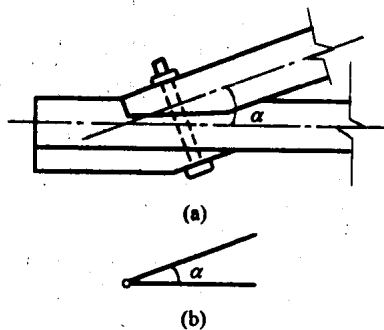


图 1.2

铰结点的位移约束作用是阻止汇交各杆近端的相对线位移，但不能阻止相对角位移，从而杆端所受约束反力只有剪力和轴力两个分量，没有弯矩。图 1.2(a)中，木屋架的端结点大致符合上述约束特点，可简化为铰结点，如图 1.2(b)所示。

3.2 刚结点

刚结点的位移约束作用是阻止汇交各杆近端产生相对线位移和相对角位移，各杆近端所受约束反力有轴力、剪力和弯矩三个分量。由此可知汇交于刚结点的各杆近端间的夹角在变形与位移中始终保持不变。图 1.3(a)为一钢筋混凝土框架梁柱汇交处的构造示意图，简化为刚结点，如图 1.3(b)所示。

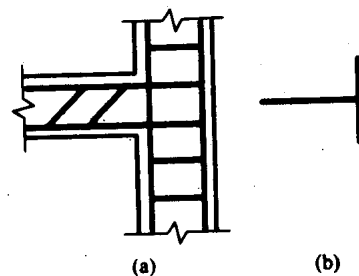


图 1.3

4 支座的简化

把结构与基础联系起来的装置称为支座。支座一方面把结构固定于基础上，另一方面把结构承受的荷载传递给基础。因此，支座的作用包括两个方面，一是约束结构的位移，二是对结构产生反力。在受力分析中，通常用链杆代替支座。忽略支座的宽度和实际约束反力的分布情况，以实际分布反力的合力作为支座反力。在计算简图中，把常见的平面支座归并为以下三种：辊轴支座、固定铰支座和固定支座。这三种支座受力后的变形可忽略，是刚性支座。

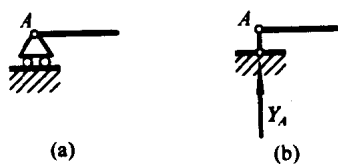


图 1.4

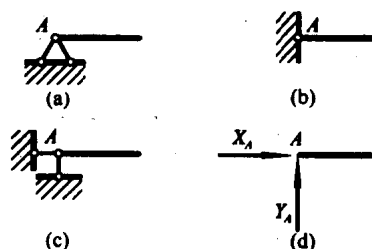


图 1.5

4.1 辊轴支座（可动铰支座）

图 1.4(a)为这种支座的常见形式，计算简图中用一根链杆代替，如图 1.4(b)所示。它仅约束结构上被约束点沿链杆轴线方向的线位移，结构可以绕该点转动，被约束点可以沿链杆的垂直方向移动，约束反力作用线与链杆轴线重合。

4.2 固定铰支座

这种支座的计算简图如图 1.5(a)所示。结构上的被约束区域仅可绕点 A 转动，即它约束两个方向的线位移。其约束反力的合力作用线通过铰心，通常分解为两个相互垂直的分量，如图 1.5(d)所示。在受力分析中，也常画为图

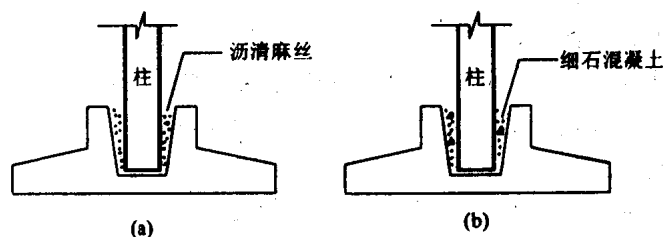


图 1.6

1.5(b)、(c)两种形式。图 1.6(a)为预制柱插入杯形基础的示意图，缝中填以沥青麻丝，柱端可作微小转动，可简化为固定铰支座。

4.3 固定支座

图 1.6(b)为预制柱插入杯形基础的另一种形式，缝中填以细石混凝土，柱底不能移动和转动，相应的计算简图如图 1.7(a)、(b)所示。其反力有三个分量，即一个反力偶和两个反力： M_A 、 X_A 、 Y_A 。

刚性支座除以上三种之外，在受力分析中还常见到如图 1.8(a)、(b)所示的支座，其位移约束作用是：图 1.8(a)为阻止杆端的转动和沿其轴线方向的线位移；图 1.8(b)为阻止杆端转动和沿其轴线垂直方向的线位移。这种支座有一个反力和一个反力偶，反力作用线与链杆平行，常称为滑动支座或定向支座，有的也叫固端-滑动支座。

除以上刚性支座外，有时需要将支座或支承物的变形加以考虑，例如将其处理为线弹性支座，其特点是它的反力随变形按线性规律变化，

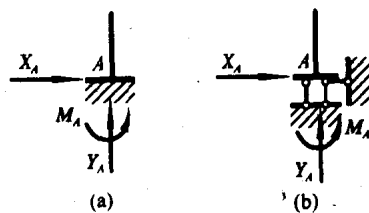


图 1.7

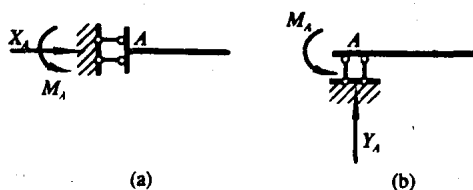


图 1.8

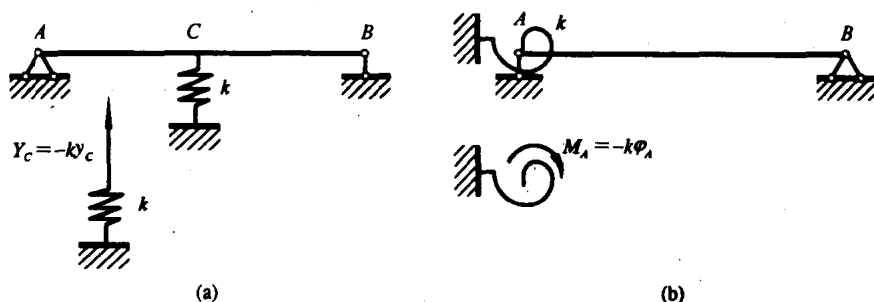


图 1.9

如图 1.9(a)、(b)所示。在交叉梁系的分析中，有时要用到图 1.9(a)所示的弹性支座。在刚架的稳定性分析中，也常用到这两种弹性支座，以便简化计算。在受力分析中引入弹性支座，分析计算时比刚性支座要麻烦些。

在实际的受力分析中，把实际结点简化为理想结点时，除考虑实际结点构造的约束性质外，还要考虑其它因素。如图 1.10(a)所示的钢筋混凝土屋架，就结点实际构造而言，它们近于刚结点，由此得到的计算结果

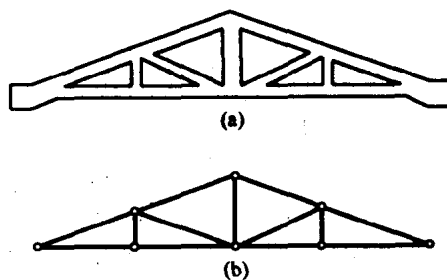


图 1.10

虽然比较精确，但计算是很繁琐的。实验与算例表明，对于图 1.10(a)所示结构，当仅承受结点荷载时，各杆将主要承受轴力，弯矩和剪力很小，若取图 1.10(b)所示桁架作为计算简图，则所得各杆轴力与实际受力情况较接近。

对于新型的、复杂的结构，其计算简图往往要经过反复的理论分析与实验研究才能确定下来。常用的结构型式，已有成功的计算简图可以直接采用。应当注意，计算简图一经确定，在作结构设计时必须采取相应的构造措施，以保证实际结构的内力分布和变形特点与计算简图的内力分布和变形特点相符。

§ 1.3 几种典型的计算简图

下面介绍几类典型的结构计算简图。这里只讨论平面情形，即杆件的轴线与荷载的作用线位于同一平面内。在有关的后续课程中，将看到大量的土木工程结构，可以化为平面问题处理。因此，讨论平面问题有其实际意义。

1 梁

梁的轴线通常为直线，从变形的影响看以弯曲变形为主；具有这种特征的杆常称为受弯杆。梁按跨数划分，有单跨梁、多跨梁；从几何组成看，有静定梁和超静定梁，如图 1.11 所示，其中，图(a)~(d)为静定梁，(e)和(f)为超静定梁。图 1.11(g)和(h)也归并到梁这一类，其轴线是曲线，称为曲梁。

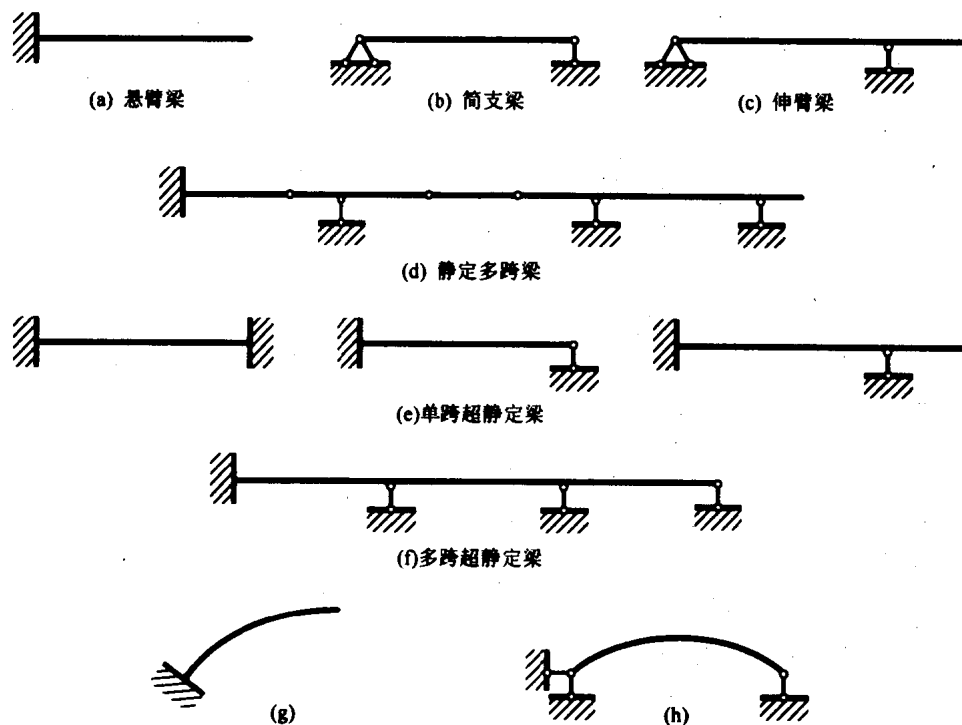


图 1.11

2 刚架

刚架中的杆件通常是直杆，其结点或全部为刚结点，或部分为刚结点。刚架中各杆以弯曲变形为主。刚架也分为静定刚架和超静定刚架。土木工程中，多数刚架是超静定的，图 1.12(a)~(d)为静定刚架，(e)、(f)为超静定刚架，图 1.12(f)习惯上称为多跨多层（三跨四层）框架。

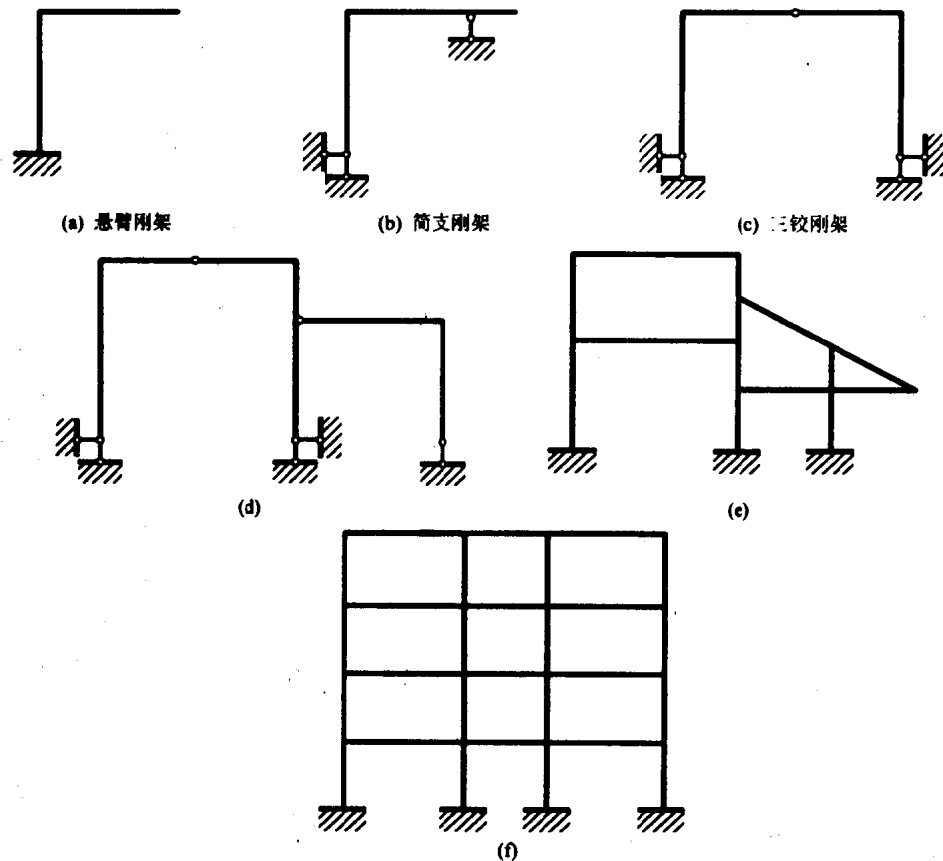


图 1.12

3 桁架

桁架由直杆组成，各结点均为铰结点。当仅在结点处承受集中荷载时，各杆只承受轴力。图 1.13(a)为静定桁架，图 1.13(b)为超静定桁架。

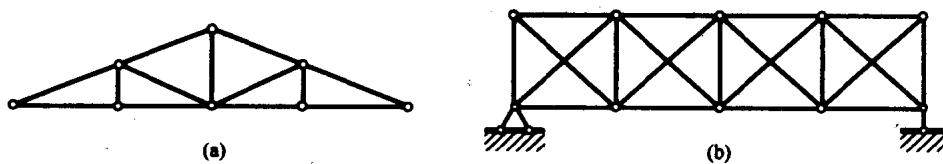


图 1.13

4 拱

拱的轴线一般为曲线，其力学特征是在竖向荷载作用下支座反力不仅含竖直分量，而且

有水平分量。图 1.14(a)称为三铰拱(静定的), 图 1.14(b)为两铰拱(超静定的)。拱的内力以轴向压力为主。

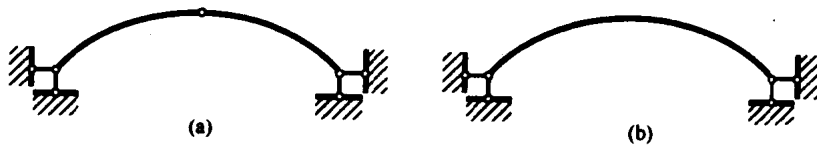


图 1.14

5 组合结构

这种结构由链杆和受弯杆组成, 其中受弯杆以弯曲变形为主, 链杆仅承受轴力。在有的文献中这种结构也叫混合结构, 图 1.15 为一种静定组合结构。



图 1.15

§ 1.4 荷载的分类

荷载是作用于结构上的主动力, 常见的荷载有重力和风力。重力荷载如人群、货物、车辆、冰雪的压力等。荷载有以下几种分类方法。

1 根据荷载作用于结构时间的久暂可分为恒载和活载

恒载是作用于结构上作用位置、荷载大小和方向长时间不变化的荷载。如结构的自重、固定在结构上的附属物、设备的重量等。

活载是在建筑物的施工过程和使用期间可能存在的, 其大小、方向、作用位置均可随时间的延续而变化的荷载。活载又可分为分布荷载, 如人群、冰雪的重量、风压等; 可移动的集中荷载, 如车辆、吊车的轮压等, 其特点是大小、方向、各荷载间的距离不变, 只有作用位置可在建筑物上移动。

2 根据荷载作用期间其大小随时间变化的特点, 可分为静力荷载和动力荷载

静力荷载的特点是, 自作用开始, 其值逐渐由零增至终值, 常见情形是其值随作用点处结构的位移成正比地增加, 增加过程缓慢, 不会引起结构的显著振动。动力荷载是随时间迅速变化的荷载, 相应地结构将产生明显的振动。在土木工程中大多数荷载都当作静力荷载处理, 但如机械振动、地震、爆炸冲击等, 应考虑其动力效应, 即必须按动力荷载处理。

第二章 平面杆件体系的几何组成分析

结构中的杆件在外界因素影响下,可能产生变形和位移,如不考虑这种变形和位移,杆件间的相对位置应是不变的。本章要讨论的问题是,当把杆件体系中各杆当作刚性杆时,杆件按什么样的规则相互联系,才能保证其各杆件间不产生相对的刚体位移。

§ 2.1 几何组成分析的目的

在理论力学中已知,对于图 2.1(a)所示的杆件体系,在荷载 P 的作用下将产生运动,各杆间的相对位置将产生明显的变化,这种杆件体系称为几何可变体系。如在 A 、 B 间联以杆件 AB ,或在 B 处加上一根水平支座链杆,则不论 P 值多大,该杆件体系不可能产生明显的刚体位移,杆件间不会产生相对的运动,这种体系称为几何不变体系。几何组成分析就是研究杆件体系如何保持空间几何位置不变的规律,或者说杆件体系按什么样的规则才能组成几何不变体系。只有几何不变体系才能用作土木工程结构。

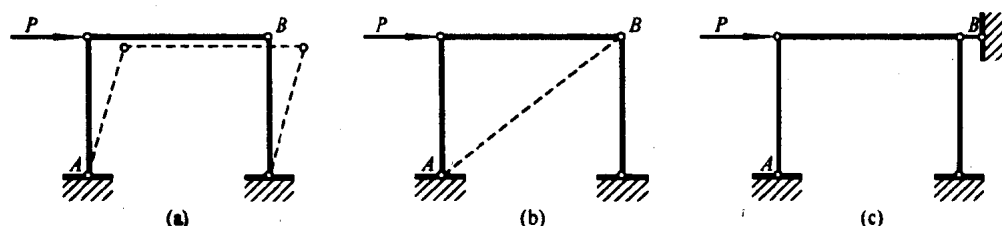


图 2.1

进行几何组成分析的目的在于:判别杆件体系是否几何不变,可否作为结构使用;杆系结构组成的合理形式;确定结构是否有多余联系,即判断结构是静定结构还是超静定结构,以选择分析计算方法。确定结构是否为合理形式,有多方面因素需要加以考虑,例如实际的需要(跨度、荷载、净空间)等方面的问题。

§ 2.2 平面杆件体系的自由度和约束

1 几个概念

1.1 刚片

在几何组成分析中,把杆件当作刚体,在平面杆件体系中把刚体叫作刚片。有时为讨论问题方便,常将平面杆件体系中已判定为几何不变的部分叫作刚片。基础也常看成刚片。

1.2 自由度