

结构力学和建筑设计基础

(按 1992 年起全面实施的新规范编写)

主 编	邱崇光
副主编	金光振
	傅在龙
编 委	戴洪波
	徐仁迪
	李欣宇

中国科学技术大学出版社

内容简介

本书是一本建筑设计的入门性读物,分为两篇;第一篇是结构力学,它是结构设计的理论基础,此部分讲解简明易懂。第二篇是建筑设计基础,包括建筑学、建筑构造学、建筑构件设计计算、建筑工程图、建筑材料、地基与基础等方面的内容。此部分在保持各学科系统性的同时,实现了高度的浓缩。

本书的特点是少而精,突出重点,联系实际。自 1992 年起国家全面实施新规范,本书按各项新规范编写,方便了学习和应用。

结构力学和建筑设计基础

主 编 邱崇光

副主编 金光振 傅在龙

中国科学技术大学出版社出版	新华书店总店北京科技发行所发行
(安徽省合肥市金寨路 96 号,	全国各地新华书店经销
邮政编码 230026)	武汉钢铁公司实业公司印刷总厂印刷

开本:787×1092 1/16	印张:22 $\frac{1}{4}$	字数:490 千字
1992 年 10 月第 1 版	1992 年 10 月第 1 次印刷	

责任编辑:赵佑启	封面设计:严智英
----------	----------

印数:1—3000 册	
ISBN 7-312-00401-6/O·131	定价:11.60 元

前 言

对于非建筑类的大学本科的某些专业,要求学习有关建筑的一些基础知识,要求做到能看懂建筑图,能进行一些简单的房屋设计,还要求了解一些具体构件的结构计算(例如对钢筋混凝土梁如何配筋),以便设计和施工时参考。为此,就需要一本“概括性”的书,使读者学完之后就可以收到初步入门的效果。在建筑工程第一线的人员也需要一本使他们在建筑理论上提高到一个新台阶的书,本书也适应了这方面的需要。

本书分为两篇,第一篇是结构力学,第二篇是建筑设计基础。前者是理论基础,约占总篇幅的 35%,后者是建筑专业知识,约占 65%。第一篇的内容简明扼要,努力做到使复杂的理论问题易学易懂。第二篇的内容不同于一般的建筑概论书籍,它浓缩了六个方面的内容。三个较大的学科是:建筑学、建筑构造学和建筑构件的设计计算。三个较小的方面是:建筑工程图、建筑材料、地基与基础。

本书的特点是:在保持各学科基本理论的系统性和完整性的同时,力图做到少而精,突出重点,联系实际。由于本书按国家刚刚全面实施的新规范编写,因此方便了使用和学习。

本书的写作过程中,得到了武汉工业大学刘清荣教授的热情支持和悉心指导,同时,也得到湖北汽车灯泡厂代修彬和湖北白云边酒厂杨远亮等同志的热情帮助,在此特表深切的谢意。另外,本书参考的有关书籍和资料较多,这里也不再一一列出并致谢。

由于编者时间较紧,水平有限,不妥之处,欢迎批评指正。

编者

1992 年 2 月于武汉市青山

结构力学和建筑设计基础

目 录

第一篇 结构力学

第一章 绪论	1
§ 1—1 结构力学的研究对象和任务.....	1
§ 1—2 结构、支座及载荷的分类	2
§ 1—3 结构的计算简图.....	6
第二章 结构的机动分析	9
§ 2—1 机动分析的基本概念.....	9
§ 2—2 自由度计算	10
§ 2—3 几何组成分析	13
第三章 静定结构内力计算	21
§ 3—1 基本概念	21
§ 3—2 杆件的受力分析复习	23
§ 3—3 多跨静定梁的内力计算	29
§ 3—4 静定平面刚架的内力计算	33
§ 3—5 三铰拱的内力计算	38
§ 3—6 静定平面桁架的内力计算	44
§ 3—7 静定结构总结	53
第四章 虚功原理与结构的位移计算	56
§ 4—1 基本概念	56
§ 4—2 利用虚功原理计算结构的位移	60
第五章 力法	79
§ 5—1 超静定结构和超静定次数	79
§ 5—2 力法的基本概念	82
§ 5—3 力法计算举例	86
§ 5—4 力法计算的简化	96
§ 5—5 等截面单跨超静定梁的杆端内力.....	101
第六章 位移法	109

§ 6-1	基本概念	109
§ 6-2	位移法计算刚架的例题和步骤	116
§ 6-3	位移法的基本未知数与基本方程讨论	120
§ 6-4	位移法总结	128

第二篇 建筑设计基础

第一章	建筑工程图	132
§ 1-1	识图制图基本知识	132
§ 1-2	建筑施工图	143
§ 1-3	结构施工图和设备施工图	159
第二章	建筑材料	172
§ 2-1	建筑材料的种类和基本性质	172
§ 2-2	基本材料介绍	177
§ 2-3	混凝土和砂浆	182
§ 2-4	钢材与木材	189
第三章	民用建筑设计概论	193
§ 3-1	概述	193
§ 3-2	平面设计	194
§ 3-3	剖面设计	200
§ 3-4	体型和立面设计	206
第四章	民用建筑的构造	212
§ 4-1	概述	212
§ 4-2	基础的构造	212
§ 4-3	墙的构造 墙体结构布置方案	217
§ 4-4	楼板层和地面构造	225
§ 4-5	屋顶构造	230
§ 4-6	门窗与构造	235
§ 4-7	楼梯、阳台和雨篷构造	238
第五章	工业建筑设计概论	242
§ 5-1	概述	242
§ 5-2	单层厂房平面设计	244
§ 5-3	单层厂房剖面设计	247
§ 5-4	单层厂房定位轴线和立面设计	249
§ 5-5	多层厂房设计	253
第六章	单层厂房的构造	262
§ 6-1	承重结构的类型和构造	262
§ 6-2	单层厂房的外墙和地面构造	268

■

§ 6—3 单层厂房的屋顶和窗户构造..... 273

第七章 钢筋混凝土结构设计..... 283

§ 7—1 钢筋混凝土结构构件计算原理..... 283

§ 7—2 梁的设计..... 286

§ 7—3 柱的设计..... 294

第八章 砌体结构设计..... 303

§ 8—1 砌体及其强度..... 303

§ 8—2 受压砌体的强度计算..... 307

§ 8—3 混合结构房屋墙、柱的设计 314

§ 8—4 砖石房屋的构造要求..... 321

第九章 地基和基础设计..... 325

§ 9—1 地基和基础的设计原则..... 325

§ 9—2 地基承载力及稳定性验算..... 327

§ 9—3 地基变形计算..... 328

§ 9—4 天然地基上浅基础设计..... 335

§ 9—5 综合例题..... 345

第一篇 结构力学

第一章 绪 论

绪论一章中,介绍了结构力学的研究对象和应完成的任务,同时讲解了结构力学中要用到的一些基本概念,例如支座的类型、结构和载荷的分类等。实际结构是复杂多样的,如何将其抽象简化,显然是解决结构力学问题首先要碰到的课题,因此本章介绍了得到计算简图的原则和方法。

§ 1—1 结构力学的研究对象及任务

结构力学是固体力学的一个重要分支,它的研究对象是工程结构,在近代的工程技术领域内,结构力学的理论得到广泛的应用。从土木工程的结构设计到飞机、船舶和装载车辆的结构设计;从工程机械的结构设计,到起重、采矿和石油机械的结构设计,都必须应用结构力学的基本理论和计算方法,才能使设计对象有效和完善地满足使用要求。总之,在一切设计建造承受各种载荷的结构物时,都需要应用结构力学的理论。因此,可以说结构力学无论对于土木工程、机械结构工程以及其它一些结构工程,都是一门非常重要又非常实用的学科。

在工程力学中所指的结构是由许多单元(例如各种杆件、板和壳等)所组成的整体,这个整体可以用来支承外部的各种载荷,以保证这个结构完成各种工程任务。因此,结构力学是研究由杆件组成的体系的整体结构以及其组成单元的力学性能的理论,即是研究结构在静力载荷、动力载荷以及其它因素(比如温度和支座沉陷等)作用下的强度、刚度和稳定性的一门学科。探讨结构的组成规律及合理形式也是结构力学的任务之一。

结构力学与材料力学不同之处在于前者的研究重点不再是单个的结构元件,而是更多的从整体上来研究结构并且采用更严格或更接近于实际的基本假设,同时应用更精确的数学方法进行求解,所得的结果也更接近实际,并且能解决许多材料力学不能解决的问题。

进入 60 年代以后,随着计算机的普及,有限单元法的应用和矩阵理论的引入,结构力学进入了一个非常迅速发展的阶段,原来的一些古典的理论和概念都受到了较大的冲击,用经典理论难以求解或无法求解的一些问题,都能非常快地得到数值解。

虽然由于计算机的引入,使得许多概念的区分已经成为不必要的,使得对手工运算的技能要求相对降低。但是对于基本概念和理论的阐述却必须由手算才能得以加深和提高,因而结构力学十分重视手工计算技能的培养。同时,它还是进一步理解计算机算法的必由之路。

§ 1—2 结构、支座及载荷的分类

一、结构的分类

在近代,由于技术和材料的进步,无论是土木工程结构、机械工程结构,还是其它的工程结构,都变得越来越来大,越来越复杂,并且对整体性能的要求也越来越高,因而结构的划分就相对的复杂了,为了计算、设计和制造的方便,结构可以按不同的方法和特征进行分类。

1. 按照组成单元体的形状进行分类

(1) 杆系结构。这种结构是由许多杆件组成,这些杆件的长度比其截面的厚度和其它方向的尺寸大很多。这类结构可以是土木工程中的钢筋混凝土柱,拱、梁、桁架,排架或组合结构,也可以是由各类轧制型钢组成。这类结构应用很广,如某些桥梁及厂房的骨架(图 1—1a),起重机械及现代海洋工作平台的金属结构等。

(2) 板壳结构。这种结构由薄板或薄壳组成,其几何特征是厚度远小于其他两个方向的尺寸。当它为一平板状物体时,称为薄板(图 1—1b);当其具有曲面外形时,称为薄壳(图 1—1c)。

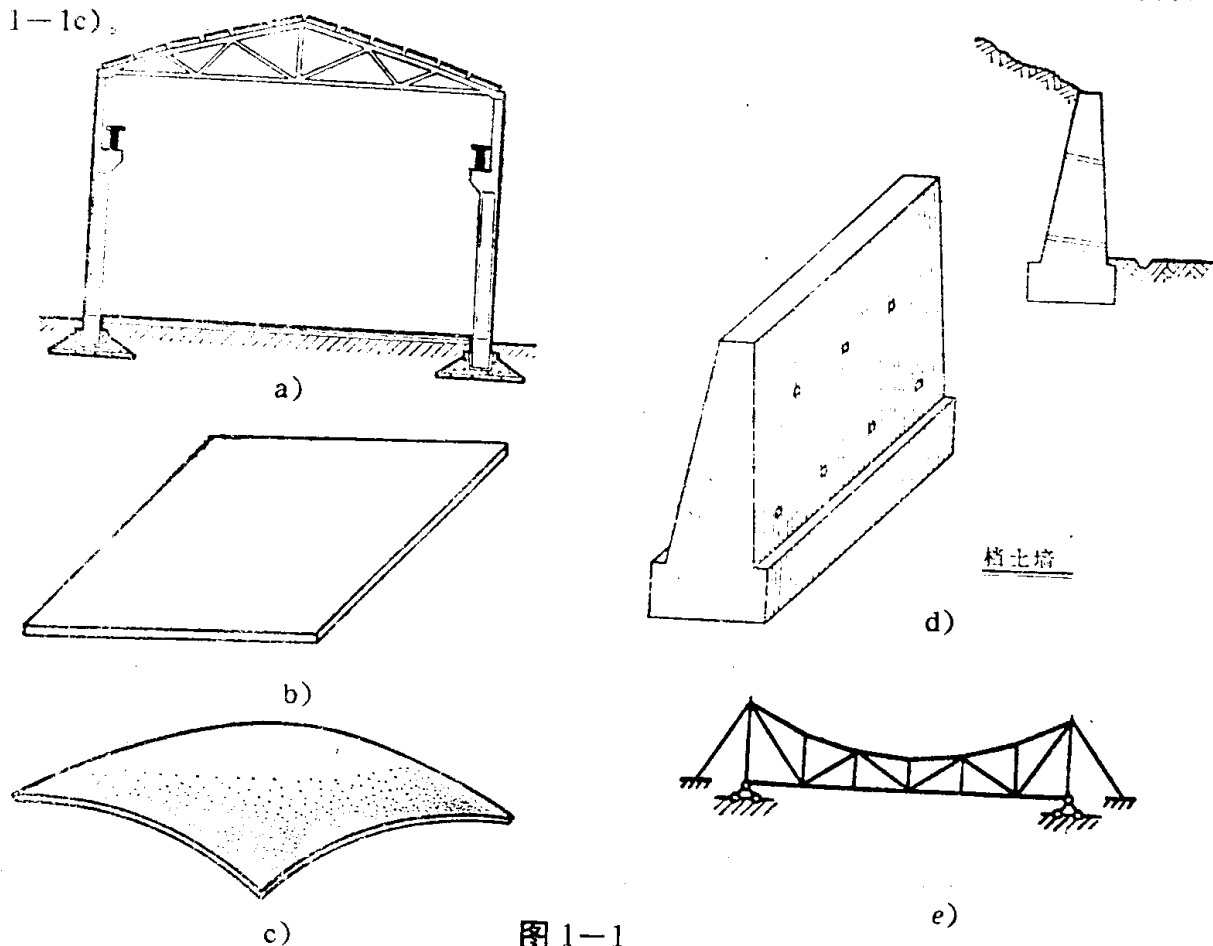


图 1—1

(3)实体结构。这种结构的主要特点是它的长、宽、高三个尺寸都比较大,且属于同一数量级,整个结构为一实体,例如挡土墙(图 1-1d)、基础等。

(4)悬索结构,现代结构还采用柔性件(例如钢绳)同刚性杆件的组合体,这种结构称为悬索结构(图 1-1e),这种结构可以减轻自重和节省空间。

2. 以连接方式分类

(1)铰接结构。若结构中所有的节点都是铰接时,或受力情况接近于铰接时,则称为铰接结构。在实际的工程结构中,真正用铰连接杆件是比较少见的,一般在杆系结构中,其杆件如果主要承受的是轴向力,其所承受的弯矩很小时,或者是节点处的连接状态与铰接状态非常接近时,这些结构都可认为是铰接结构。例如桁架就是典型的铰接结构。

(2)刚接结构。也称为刚架结构,这种结构的特点是在杆件的连接处,也就是节点处,刚性比较大,在外载荷作用下,节点处各杆件之间的原有相互夹角大小不会变化,或变化不大而可以忽略不计。通常称这种节点为刚性节点(或刚节点),在刚架结构中,杆件内力主要是弯矩,剪力和轴力。

(3)混合结构。顾名思义,这种结构的特点是既有铰接的节点,又有刚接的节点。受铰连接的杆件中内力与桁架中的杆件相同,而其他杆件中内力与刚架结构中的杆相同。

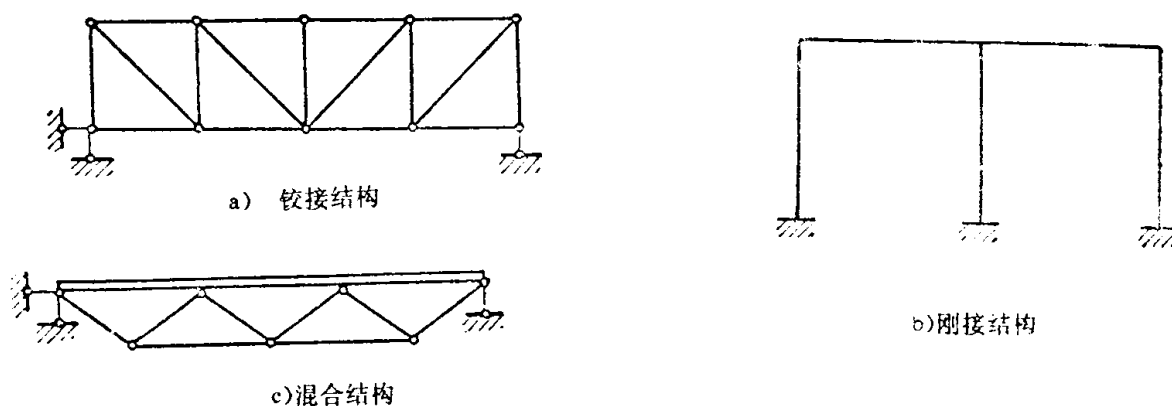


图 1-2

3. 按照外载荷与结构在空间的相互位置分类

(1)平面结构。当外载荷的作用线与全部杆件的中心轴线都位于一平面内时,则这种结构称为平面结构。一般在实际工程中能直接应用平面结构的情况较少,但是许多实际结构通常是由多个平面结构组合而成,故实际结构往往可以简化成平面结构来分析计算。因而我们将主要把注意力放在平面结构问题上。

(2)空间结构。当结构的杆件的中心轴线不在同一平面内时,这种结构就称为空间结构。如果结构中心轴线虽在同一平面内,而外载荷的作用线却不在这个平面内,这种结构亦属于空间结构。

例如图 1-3 a) 为真实结构示意图,当 P 力单独作用时,横梁 AE 、 BF 等基本不受力,因此可载取纵向刚架图 1-3b) 为计算简图。

把空间结构简化为平面结构是有条件的,要把具体构造、受力特征和几何特征加以综合考虑,不能一概认为空间结构都可以简化为平面结构问题,例如图 1-3c) 中 P 和 Q 同时作用时,就只能按空间结构来计算。

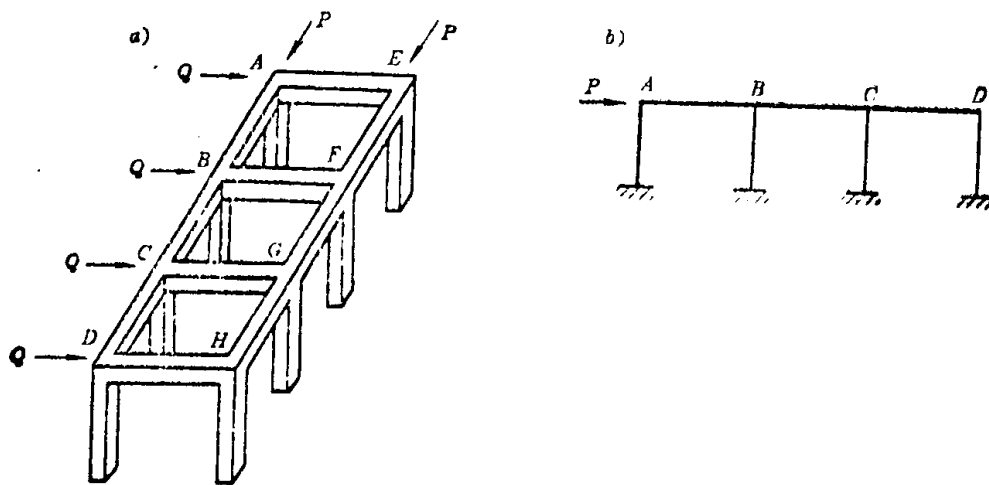


图 1-3

二、支座的类型及简化

结构力学中把结构与基础固定在一起的联结装置是支座,除了在材料力学中所常用的可动铰支座(图 1-4),固定铰支座(图 1-5),固定支座(图 1-6),还可能出现一类称为定向支座的约束(图 1-7),这种支座是将杆件末端的上下面各用辊轴夹着并嵌于墙或基础之中,这样,它可以允许杆件沿着杆轴方向发生不大的移动,而不允许杆端发生转动及垂直于杆轴方向的移动。这种支座反力的方向是确定的,而其大小及作用点则未知,因此可以用一个作用于杆端并垂直于支承面的未知力 V 及一个未知力偶 M 来表示。



图 1-4

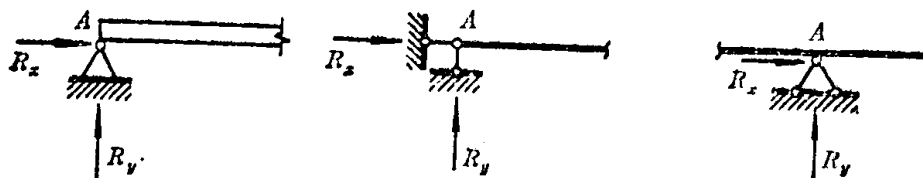


图 1-5

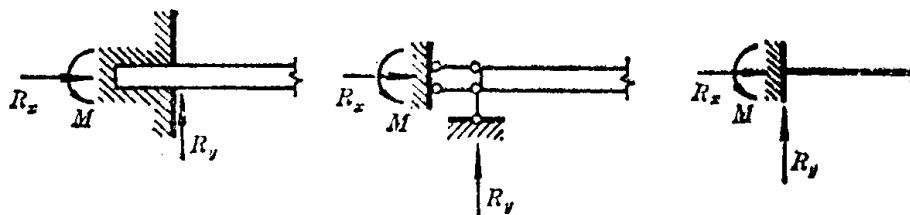


图 1-6

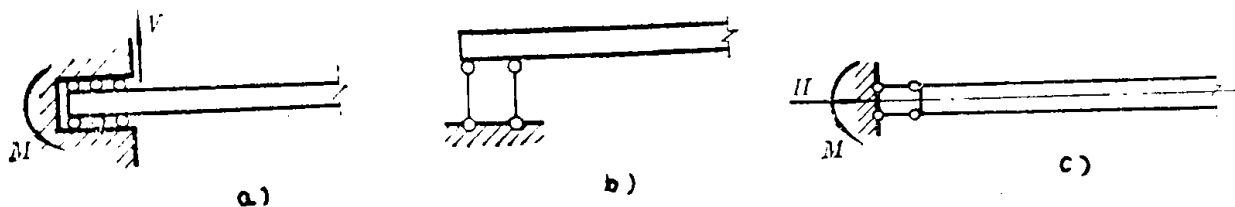


图 1-7

图 1-7c) 所示为定向支座的另一种情况。这种支座可以允许杆件沿着垂直于杆轴的方向作不大的移动, 而不允许杆端发生转动及沿杆轴的方向移动。实际结构中还有空间支座。

支座有两个特点, 从几何观点来看, 支座能使结构该处的相应位移受到约束, 从受力观点来看, 支座在受约束的方向将产生约束反力, 它们是一一对应的, 线位移对应的约束反力是集中力, 角位移对应的是力偶。

应该指出, 以上支座都是理想化的, 实际的支座往往具有数种不同支座的特性, 简化为何种支座必需进行具体分析。

三、载荷的分类

结构力学中, 载荷一般是给定的, 由于计算上的需要, 载荷可以按不同方式分类。

1. 按载荷分布情况分类

- (1) 集中载荷。外载荷作用区很小时可认为是集中的, 例如轮子压在轨道上。
- (2) 分布载荷。例如结构的自重, 惯性力以及风载荷等。

2. 按载荷随时间变化情况分类

- (1) 静载荷。例如结构自重, 结构上的设备重量等。
- (2) 动载荷。载荷的大小、方向或作用点随时间而变化。波浪的压力, 机器运动所引起的荷载, 地震时地面运动对建筑物的动力作用等都属于动力载荷的范畴。动载荷作用下的分析一般比静载作用时要复杂得多。

3. 根据结构与荷载的接触情况分类

- (1) 直接荷载。如图 1-8 中某桥面上的汽车等荷载直接作用在纵梁上。
- (2) 间接荷载。图中汽车等荷载对主梁则是间接荷载。

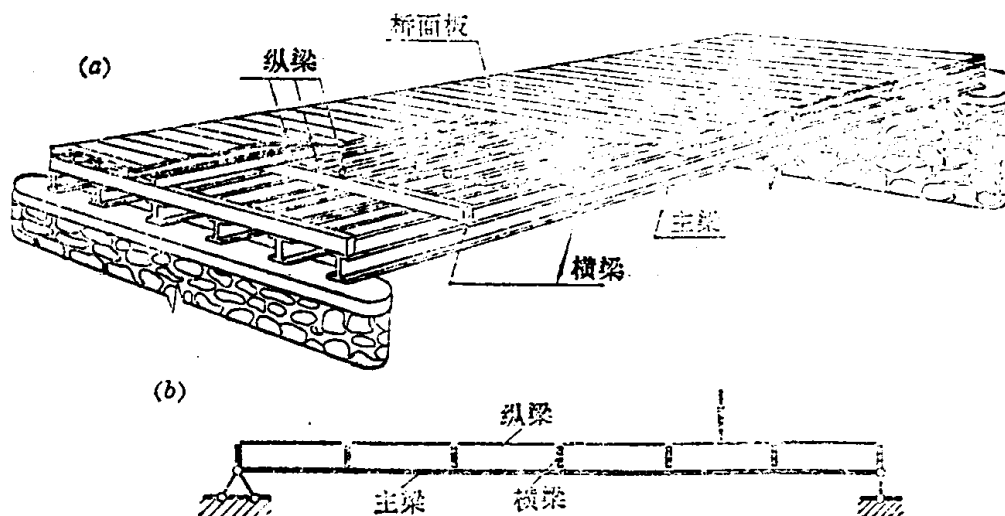


图 1-8

应指出:结构除了承受荷载外,尚可受到其它外因素作用,如温度的改变,支座的移动沉降,材料的收缩等等。后面还要介绍,载荷还可分为永久荷载,可变荷载和偶然荷载,这里不再赘述。

§ 1—3 结构计算简图

一、什么是计算简图

实际结构是多种多样的,要严格地考虑每一结构的全部特点以及其各部分之间的相互作用来建立理论和进行计算,是不可能的。因此,必须有意识地略去一些次要因素,把在主要方面具有共同特点的同类结构进行概括并加以典型化,然后才能建立起相应的计算理论。将结构各部分的特点用图表示出来,这种结构的抽象及简化了的图形就称为计算简图。

计算简图的选择应遵循下列两条原则:

1. 正确地反映结构的实际受力情况,使计算结果接近实际情况。如不能反映实际的受力情况,就会使计算结果产生错误,甚至造成工程事故。

2. 略去次要因素,便于分析计算。

影响计算简图的因素很多,主要如下:

1. 结构的重要程度。对重要结构采用比较准确的简图,对次要的结构采用粗略的计算简图。

2. 计算问题的性质。对于静力计算可使用比较复杂的简图,对于动力和稳定计算,由于计算复杂,多采用简单的计算简图。

3. 不同的设计阶段。初步设计用粗略的计算简图,在技术设计阶段使用比较精确的计算简图。

4. 考虑计算手段。用手算用粗略的计算简图,用电子计算机计算可采用较为精确的计算简图。

二、对实际结构的简化

简化包括三个方面:

1. 结构的简化。杆的截面尺寸比长度小得多时,近似采用平面假定,因此截面上的应力即可根据截面内力来确定,内力则只沿杆长变化,成为一元函数。计算简图中,杆轴用其轴线表示,梁、柱等构件为直线,曲杆、拱为曲线。对于连接点,可以根据实际情况分别简化为铰结点和刚结点两种基本类型。

刚度小的结点(图 1—9a、b)简化为铰结点(图 1—10a、b)。刚度大的结点(图 1—9c)简化为刚结点(图 1—10c)。

铰结点的特点是:与铰相联的各杆可以分别绕它任意转动,故不传递力矩。刚结点的特点是:当结点转动时,各杆转角相同,故除传递轴力和剪力外,还能传递力矩。

2. 支座的简化。前面已经对支座进行了分类,应根据具体情况合理选择。

3. 荷载的简化。在计算简图中,需要将实际载荷简化为作用在构件的轴线上的分布荷载,集中荷载或力偶。

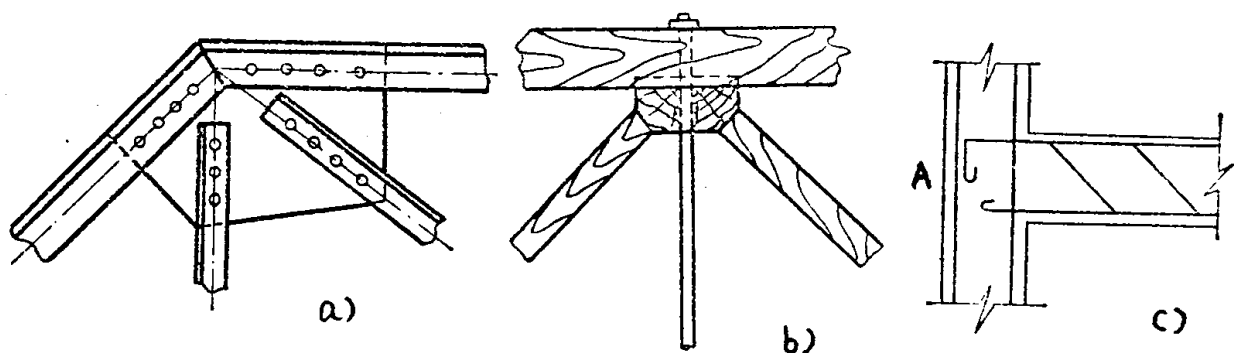


图 1-9

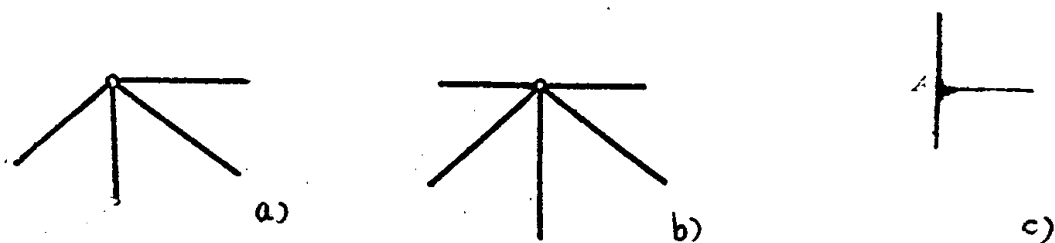


图 1-10

设计工业与民用建筑时,按设计规范要求,荷载分为三种:永久荷载(恒荷载)、可变荷载(活荷载)、偶然荷载。永久荷载是正常使用中经常作用的荷载,如结构自重、土压力、水压力等。可变荷载是临时作用的荷载。如风荷载,不是常年积雪地区的雪荷载,不正常的动力荷载等。偶然荷载是偶然发生的荷载,如地震力、水灾时的水压力等。对结构进行计算时根据结构实际受荷载情况,按国标 GBJ9—87 中的规定选取不同的代表值分别进行荷载效应组合,并取各自最不利组合进行设计。

三、计算简图举例

下图为一仓库骨架示意图,它是一个空间结构体系,屋面重量与其上的雪荷载由屋面先传到一个个横向骨架,然后再传到基础,因此主要受力部分是横向骨架,通常是略去各横向骨架之间的纵向联系,把原来的空间结构化为一系列的平面骨架来分析,最后根据轴线和约束情况画出计算简图(图 1-11c)。

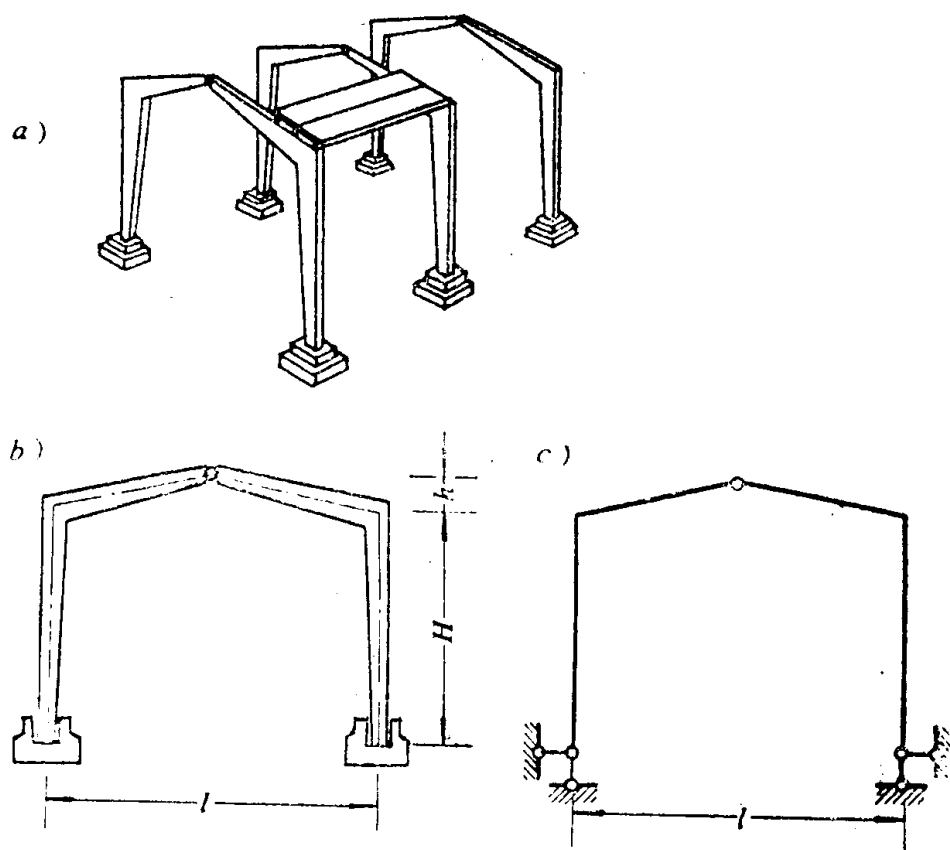


图 1-11

实践说明以上计算简图是合理的,它反映了结构的变形和受力的主要特点而且计算比较简单。

第二章 结构的机动分析

结构受到载荷后,应能保持几何状态和位置不变,这方面的要求正是机动分析的目的。本章首先引入结构自由度的概念,然后详细研究了结构的几何组成规律以及机动分析的方法。

§ 2-1 机动分析的基本概念

一、几何不变结构与几何可变结构

例如图 2-1a)所示的四杆铰接支架,虽然在 A、D 两处分别与一固定铰支座和一活动铰支座连接,但这个结构显然是非常不牢固的。它只要受到一个很小的侧向载荷 P ,支架形状就会发生改变直到“倒塌”。但是如加上一个斜撑 BD(见图 2-1b),这个支架就成为牢固的了,在任意载荷作用下,其形状及位置都不会改变。

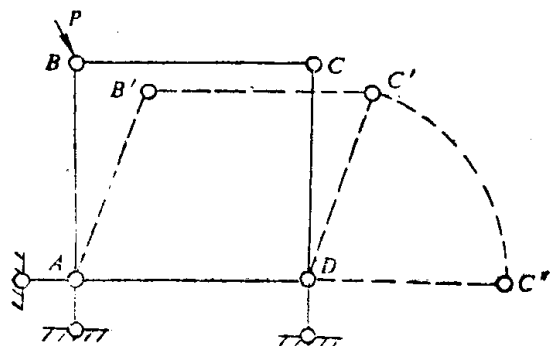


图 2-1a)

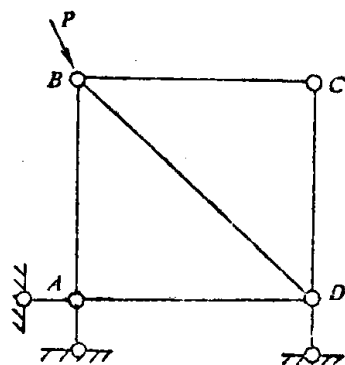


图 2-1b)

对于图 2-2a)所示结构,由于 A、D 都是与活动铰支座相连,这个结构是不牢固的。因为其受到侧面载荷时,虽然结构本身的形状不会改变,但其位置却会发生改变。如果将其任一支座改成固定铰支座(见图 2-2b),这个结构就变成牢固的了,其几何形状和位置都不会改变。

在不考虑材料应变的条件下,结构受到任意载荷作用后,若能保持其几何形状和位置不变,称为几何不变结构(又称几何稳定结构)。相反,由于结构自身组成或是支承条件不完善,在承受载荷时不能保持自身的几何形状或位置,称之为几何可变结构(又称为几何不稳定结构)。

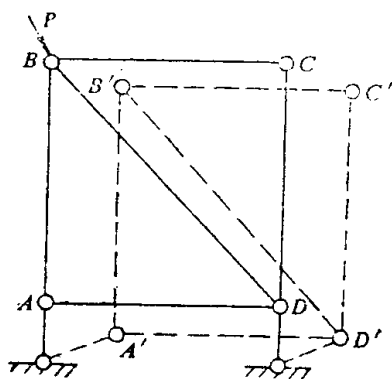


图 2-2a)

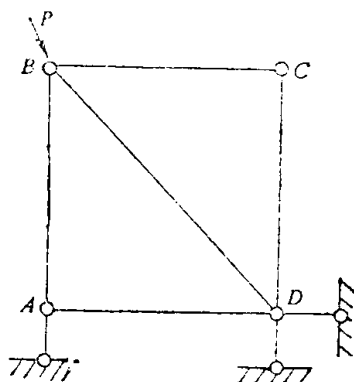


图 2-2b)

二、机动分析的目的

结构是用来承受载荷的,当不考虑结构的各组成单元的自身变形时,结构应具有保持其原有几何形状和位置不变的能力。也就是当不考虑材料的应变时,结构的各组成单元之间及整体结构与地面之间,应不致发生相对运动,处于相对静止状态。相反,如果我们希望通过爆破拆除旧房,也应该研究如何使之与地面不处于相对静止状态,达到房屋倒塌的目的。

关于结构几何形状和位置是否可变的研究称为机动分析。机动分析的目的在于:①判别某一体系是否几何可变,从而决定它能否作结构;②研究几何不变的组成规律,以保证让设计的结构能承受荷载并维持平衡;③为了正确区别静定结构和超静定结构以及指导结构的内力计算,分析结构的几何组成规律,也是很必要的。

结构的机动分析包括两大方面,一是自由度计算,二是几何组成分析。前者是判别结构几何不变的必要条件,而后者则是充分条件。

机动分析中,由于仅仅讨论结构几何图形上的可动性,故不必考虑材料的弹性所产生的变形,即可把杆系结构基本单元(杆件)看成是“刚体”,这样分析起来更为方便。

§ 2-2 自由度计算

所谓一个结构的自由度,是指该结构体系运动时,可以独立变化的几何参数的数目,也就是用来确定该结构体系的位置所需要的独立坐标的数目。

以下先介绍自由度的基本概念,本书主要讨论平面问题。在平面问题中,分别按桁架和刚架讨论。

一、基本概念

1. 节点与刚片的自由度

图 2-3a) 中一个点 A 可以在 xy 平面内自由运动。其运动时可独立改变的参数为 x 和 y 两个坐标。故一个平面内的点的自由度是 2。如有 j 个点,则总自由度为 2j。

图 2-3b) 中一个几何形状不变的平面体,简称为刚片。先用 x、y 确定刚片内一点 A

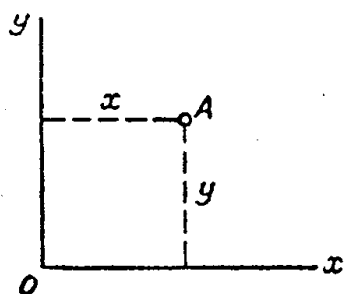


图 2-3a)

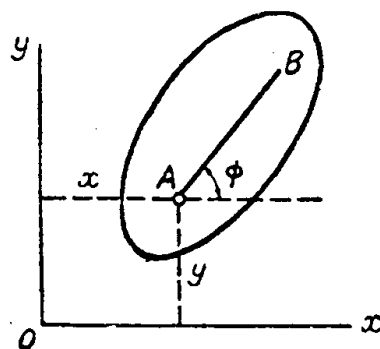


图 2-3b)

的位置,然后用 Φ 确定刚片内一条任意直线的倾角,这样刚片的位置才完全确定了,故刚片在平面内的自由度是 3。如有 m 个刚片,则总自由度为 $3m$ 。

如果在 3 维空间里讨论,自由度还要增加。

2. 杆和铰的约束作用

对应于自由度的反面则是约束(联系)。一个连杆可以减少一个自由度,见图 2-4c)、d)。铰可以减少两个自由度,如在图 2-3b)中的 A 点处设一个铰,此时刚片只剩下一个转动自由度。当然,一个刚结点减少 3 个自由度。

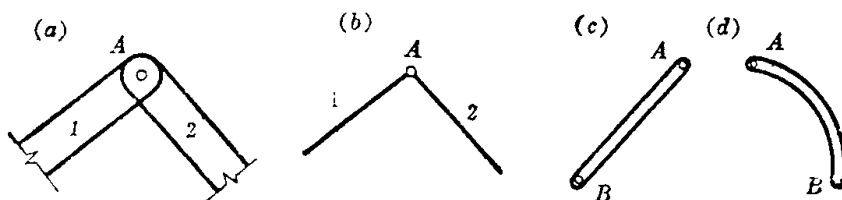


图 2-4

用一个圆柱把两个刚片联结起来(见图 2-5)。I 刚片仍有 3 个自由度: x, y, Φ_A , 但 II 刚片只保留了一个独立自由度 Φ_B 。两个刚片总自由度由 $3+3=6$, 变成 $3+1=4$, 即减少了两个自由度。把圆柱称为单铰, 一个单铰相当于两个联系, 相当于两个连杆的作用。反之, 两个不平行的连杆也相当于一个单铰的作用。

有时一个圆柱同时可以联结两个以上的杆件, 这种铰称为复铰。一般地说, 联系 n 个刚片的复铰, 其作用相当于 $(n-1)$ 个单铰的作用。

同时联接两刚片的两个连杆, 相当于一个虚铰, 它的位置在此两连杆的交点, 如图 2-6 所示的 O 处即有虚铰存在, 位置在 AB 与 CD 的交点处。

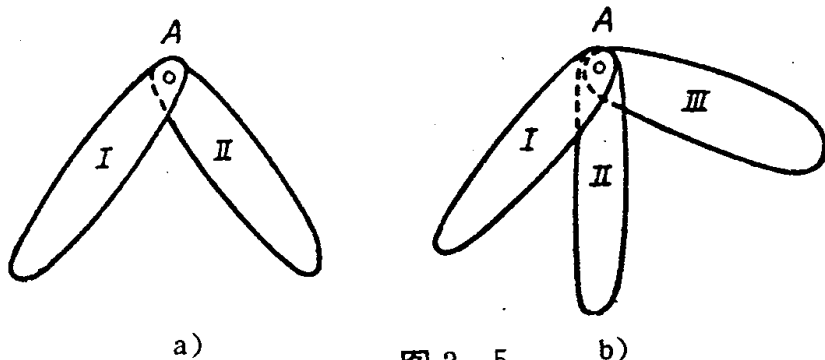


图 2-5

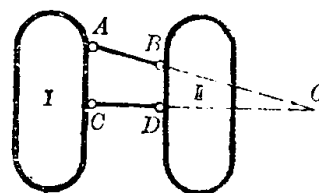


图 2-6