

建筑工程系列书

结构力学

何逢康 主编

华南理工大学出版社

建筑工程系列书

结 构 力 学

何逢康 主编

华南理工大学出版社

内 容 提 要

本书是根据工业与民用建筑专业专科《结构力学》自学考试大纲编写而成的。全书共十一章，分别介绍了体系的几何组成分析、各类静定结构的内力分析、静定结构的位移计算和超静定结构内力分析的几种方法。每章后面附有小结、思考题和习题，书末附有习题答案。

本书可作各种类型的成人高等教育工民建专科和中等学校土建类专业《结构力学》课程的教材和教学参考书，也可供致力于建筑工程的广大自学青年、技术人员和管理人员阅读。

本书原为华南工学院出版社出版，现因学校改名，由华南理工大学出版社重印。

建筑工程系列书

结 构 力 学

何逢康 主编

华南理工大学出版社出版

(广州 五山)

广东省新华书店发行

番禺印刷厂印刷

787×1092 16开本 20印张 448千字

1987年5月第1版 1988年11月第2次印刷

印数 15001—22000册

ISBN 7-5623-0011-9/TU·003

定价 5.20元

编辑说明

“建筑工程系列书”是本社为适应多层次、多种形式办学需要，针对高等学校工科建筑工程专业教学要求而编辑出版的试用教材和主要教学参考书。这些书均结合考虑大专要求和成人教育的特点，由具有较高学术水平和丰富教学经验的教授编写或审稿。其特点是，内容上注意理论联系实际，释疑解难，深入浅出，并附有思考题或实验实习指导，便于自学，特别适用于成人高等教育的各种形式（大专班、函授、刊授、电大、夜大、业余大等）的教学需要。有部分书特别注明与本科通用。

“建筑工程系列书”的种类和计划出版的时间是：

- 一、《建筑工程测量》（本科和专科通用，1985年出版）
- 二、《建筑结构选型》（主要参考书，1985年出版）
- 三、《建筑材料学》（本科和专科通用，1986年出版）
- 四、《理论力学》（1986年出版）
- 五、《材料力学》（1986年出版）
- 六、《结构力学》（1986年出版）
- 七、《材料力学解题指导》（本科和专科通用，1986年出版）
- 八、《钢筋混凝土与砖石结构》（附习题集、本科和专科通用，1987年出版）
- 九、《机械零件与建筑机械》（本科和专科通用，1987年出版）
- 十、《建筑经济与企业管理》（本科和专科通用，1987年出版）
- 十一、《钢结构》（本科和专科通用，1986年出版）
- 十二、《城市规划》（主要参考书，1986年出版）

编辑出版这门学科的一系列试用教材，对我们来说，是一个新的尝试，恳切地希望广大读者和师生能提出宝贵的意见。

华南理工大学出版社

一九八七年一月

前言

本书是根据工业与民用建筑专业专科《结构力学》自学考试大纲编写而成的。全书共十一章，分别介绍了体系的几何组成分析、各类静定结构的内力分析、静定结构的位移计算和超静定结构内力分析的方法：力法、位移法、力矩分配法、无剪力分配法及多层多跨刚架的近似计算方法。在编写过程中注意贯彻理论联系实际的原则，并结合成人高等教育教材的特点，力求做到内容精简、由浅入深、通俗易懂、便于自学。全书除绪论外，每章均有小结、思考题和习题，书后并附有习题答案。

本书由何逢康教授主编。参加编写的同志有：何逢康（第七、八章）、黄志荣（第四、五、六章）、陈森坤（第一、九、十章）、梁月薇（第二、三、十一章）。

本书在编写过程中，得到力学教研组同志们的热诚帮助和指导，在此致以衷心感谢。由于编者水平所限，错误难免，希望使用本书的教师和读者对书中的缺点和错误予以批评指正。

（1980年8月）《学代报林》正

（1980年8月）《编者》六

（1980年8月）《出版科等林林本》《一九八六年十一月》十

（1980年8月）《出版科等林林本》《出版科等林林本》八

（1980年8月）《出版科等林林本》《出版科等林林本》十

（1980年8月）《出版科等林林本》《出版科等林林本》十

（1980年8月）《出版科等林林本》《出版科等林林本》十

（1980年8月）《出版科等林林本》《出版科等林林本》二十

《出版科等林林本》《出版科等林林本》《出版科等林林本》

《出版科等林林本》《出版科等林林本》

《出版科等林林本》

《出版科等林林本》

目 录

第一章	绪 论	(1)
§ 1-1	结构力学的研究对象和任务	(1)
§ 1-2	结构力学与其他课程的关系	(2)
§ 1-3	结构的计算简图及其分类	(2)
§ 1-4	荷载的分类	(7)
第二章	平面体系的几何组成分析	(9)
§ 2-1	几何组成分析的目的	(9)
§ 2-2	平面体系的自由度	(9)
§ 2-3	几何不变体系的组成规律	(13)
§ 2-4	瞬变体系	(17)
	小结	(19)
	思考题	(20)
	习题	(20)
第三章	多跨静定梁和静定平面刚架	(22)
§ 3-1	多跨静定梁的组成型式及分层关系图	(22)
§ 3-2	多跨静定梁的受力分析及其内力图的绘制	(23)
§ 3-3	刚架的概念及静定平面刚架的分类	(26)
§ 3-4	静定平面刚架的内力分析和内力图的绘制	(28)
	小结	(35)
	思考题	(35)
	习题	(37)
第四章	三铰拱	(40)
§ 4-1	拱的特点及其分类	(40)
§ 4-2	对称三铰拱的数解法	(43)
§ 4-3	三铰拱的压力线和合理拱轴	(51)
	小结	(55)
	思考题	(56)
	习题	(56)
第五章	静定平面桁架	(59)
§ 5-1	桁架的一般概念 理想桁架	(59)

§ 5-2	节点法	(63)
§ 5-3	截面法 节点法与截面法的联合应用	(68)
§ 5-4	图解法	(72)
§ 5-5	各种梁式桁架受力情况的比较	(78)
§ 5-6	组合结构的计算	(81)
(1)	小结	(84)
(2)	思考题	(85)
(3)	习题	(86)
(4)	静定结构的特性小结	(89)
第六章	影响线	(92)
§ 6-1	移动荷载和影响线的概念	(92)
§ 6-2	用静力法作简支梁的影响线	(94)
§ 6-3	多跨静定梁的影响线	(99)
§ 6-4	利用影响线求固定荷载作用下的反力和内力	(100)
§ 6-5	最不利荷载位置的确定	(105)
§ 6-6	简支梁的内力包络图和绝对最大弯矩	(109)
(10)	小结	(114)
(11)	思考题	(115)
(12)	习题	(115)
第七章	静定结构的位移计算	(118)
§ 7-1	结构位移的概念与计算目的	(118)
§ 7-2	功、广义力和广义位移的概念	(119)
§ 7-3	虚功与虚功原理	(122)
§ 7-4	荷载作用下结构位移计算的一般公式	(125)
§ 7-5	结构位移计算公式的应用	(127)
§ 7-6	图形相乘法	(133)
§ 7-7	支座移动引起的结构位移计算	(142)
(14)	小结	(145)
(15)	思考题	(147)
(16)	习题	(148)
第八章	力法	(153)
§ 8-1	超静定结构的概念及超静定次数的确定	(153)
§ 8-2	力法的基本原理 超静定梁的计算	(157)
§ 8-3	力法计算超静定刚架	(164)
§ 8-4	计算的校核	(168)

§ 8-5	刚架的简化计算	(173)
§ 8-6	力法计算超静定桁架	(181)
§ 8-7	力法计算两铰拱	(184)
§ 8-8	力法计算无铰拱	(193)
§ 8-9	支座位移对超静定结构的影响	(200)
§ 8-10	超静定结构的特性	(204)
	小结	(205)
	思考题	(205)
	习题	(208)
第九章	位移法	(215)
§ 9-1	位移法的基本概念及其基本未知量数目的确定	(215)
§ 9-2	等截面直杆的转角位移方程	(218)
§ 9-3	用加约束的方法求解位移未知量	(221)
§ 9-4	应用结点和截面的平衡条件求解位移未知量	(237)
§ 9-5	对称性的利用	(247)
	小结	(251)
	思考题	(253)
	习题	(254)
第十章	力矩分配法	(255)
§ 10-1	力矩分配法的概念及其基本要素	(255)
§ 10-2	力矩分配法计算连续梁和节点无线位移的刚架	(258)
§ 10-3	力矩分配法计算节点有线位移的刚架	(267)
§ 10-4	对称性的利用	(271)
§ 10-5	无剪力分配法	(279)
	小结	(285)
	思考题	(286)
	习题	(287)
第十一章	近似法计算多层多跨刚架	(289)
§ 11-1	采用近似法的意义	(289)
§ 11-2	分层计算法	(289)
§ 11-3	反弯点法	(293)
	小结	(299)
	思考题	(299)
	习题	(299)
附录	习题答案	(301)

第一章 绪 论

§ 1-1 结构力学的研究对象和任务

工程中的各类建筑物在使用过程中都要受到各种荷载的作用,在这些建筑物中承担荷载而起骨架作用的部分,称为结构。结构的各个组成部分称为构件。从几何角度来看,结构可分为杆件结构、板壳结构和实体结构三类。本课程是以杆件结构为研究对象。

一个合理的结构必须是既能安全地承担荷载又最经济地使用材料。结构力学是围绕荷载与结构的承载能力进行研究的。具体任务是:

(1) 研究结构在荷载作用下内力的计算方法,以保证结构有足够的强度。

我们知道结构在过大的荷载作用下可能遭到破坏,例如一根梁当作用在其上的荷载超过一定限度时,梁就可能断裂。这就是所谓强度不足。进行强度计算的目的是在于保证结构的安全,同时又使之符合经济的要求。

(2) 研究结构在荷载作用下变形的计算方法,以保证结构有足够的刚度。

一个结构在荷载作用下,虽然有了足够的强度,但变形过大,会影响正常使用。例如屋面檩条的变形过大,屋面会漏水;吊车梁的变形过大,吊车就不能正常行驶。进行刚度计算的目的在于保证结构不致发生使用上不能允许的过大变形。

(3) 研究结构的稳定性,以保证结构不会失稳破坏。

结构中受压构件(例如柱子)如果比较细长,当压力超过一定限度时(这个压力值比按强度计算时的允许值要小得多),构件不能维持原来直线形式的平衡状态,而会突然弯曲,从而导致结构的破坏,这种现象称为“失稳”。稳定计算的目的是保证结构不发生失稳现象①。

要保证结构的安全和正常使用,结构必须有足够的强度、刚度和稳定性。也就是说结构的承载能力是由强度、刚度和稳定来决定的。

(4) 研究结构的组成规律和合理形式

结构一般都是由很多构件组成的几何不变体系。如果各个构件之间不是由于荷载大小的影响而会产生相对运动,说明此体系是几何可变的,建筑结构不能采用几何可变体系,因此研究组成规律的目的是保证结构各部分之间不致发生相对运动,以承担预定的荷载。而研究结构合理形式的目的则是为了充分发挥结构的性能,更有效地利用材料,以达到安全、经济的目的。

结构的强度、刚度、稳定性、合理形式等都和内力密切相关,特别是强度和刚度方面,只有先进行结构内力计算,然后才可进一步判断它的强度和刚度是否足够。因此研究各种结构内力的计算方法是结构力学的重要内容。

①根据本课程教学大纲的要求,本教材没有编写这部分内容。

§ 1-2 结构力学与其他课程的关系

结构力学是土建工程类专业的专业基础课,是一门主要的课程。它的先修课程有高等数学、理论力学和材料力学等。结构力学的公式推导、具体计算都离不开数学的知识,而且结构力学研究越深入就越需要运用数学这一工具;理论力学所研究的基本的力学原理,如平衡方程、力多边形法则、虚位移原理、达朗贝尔原理等在结构力学中都得到应用;材料力学和结构力学都研究变形体的强度、刚度和稳定性的计算。但材料力学主要是研究单根杆件的计算,结构力学则研究杆件体系的计算,两者有着不可分割的内在联系。材料力学系统地研究了单一杆件的内力与变形的计算及强度、刚度和稳定性的校核,结构力学则致力于杆件体系内力和变形的计算。因为当杆件内力数值知道后,截面强度的核算便与材料力学相同,所以在本课程中便不再重复提截面强度与刚度校核的问题。对于后继课程,结构力学所讲述的结构计算的原理和方法在钢筋混凝土结构、砖石结构、钢结构和木结构等专业课程中都得到应用,为专业课程提供了力学基础。

§ 1-3 结构的计算简图及其分类

一、结构的计算简图

一个实际的结构无论是本身的构造,与其他构件的联结及荷载的作用与传递等都是很复杂的。对其进行力学分析,求解其在外力作用下的内力和变形时,如果不作某些假定,而想完全严格地按照结构的真实情况进行分析,往往是不可能的,同时也是不必要的。因此,在力学分析之前,必须将真实结构加以简化,用一个简化的图形来代替实际结构。这种在结构计算中用以代替实际结构的简化图形称为结构的计算简图。计算简图是对结构进行力学分析的依据,必须慎重选取。如果一个各种因素都给予考虑,但计算工作量很大的计算简图就不能为工程人员所接受。相反,如果一个计算简单,不能反映结构实际受力情况的计算简图,就不仅失去了结构计算的意义,而且可能造成工程事故。因此计算简图选择的原则应为:

1. 尽量反映结构的主要特征;
2. 力求便于结构的力学计算。
同一结构如选择不同的计算简图,则计算工作量和所得结果的精确度也就不同。例如在初步设计中选择较为简单的计算简图,但在最后设计中可另选较为精确的计算简图。重要结构的计算简图较次要结构的要精确;结构的动力和稳定计算的计算简图要比静力计算的粗略些;采用先进计算工具时,计算简图比手算的就可精确得多。

对实际结构的简化,一般包括下面四个方面的内容。

1. 结构的简化

杆件一般用其轴线来表示,杆长取为两节点之间的距离,而荷载的作用点也移到轴线上。

2. 节点的简化

图 1-1 (c)

杆件的汇交点称为节点。尽管实际结构的节点构造是复杂的、多样化的，但一般都简化为铰节点、刚节点和组合节点三类。如图 1-1 a、b、c 所示。

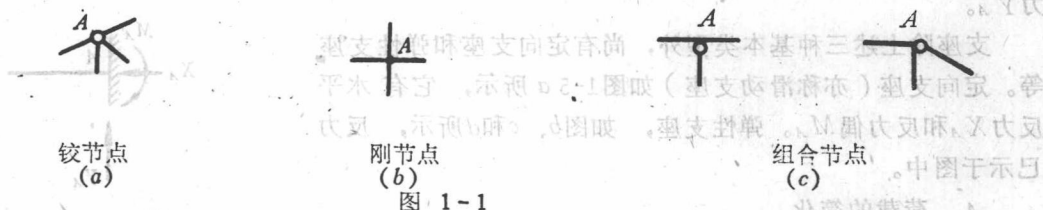


图 1-1

(1) 铰节点

图 1-1 a 所示节点的简图常用于平面桁架中（可参看图 1-9）。铰节点的几何特征是各杆可以绕该节点自由转动。由于各杆端没有转动约束，相应便无杆端弯矩。

(2) 刚节点

图 1-1 b 所示的刚节点常见于刚架中，（可参看图 1-10）。刚节点的几何特征是各杆不能绕该节点作相对转动，即各杆轴线之间的夹角变形前后保持不变。

(3) 组合节点

图 1-1 c 是组合结构中一个节点的计算简图（可参看图 1-11）。它同时具有以上两种节点的几何特征。右图左边水平杆与竖杆是刚接，右边斜杆则铰接于该刚节点之上。

3. 支座的简化

结构与基础联结起来的装置称为支座。同时，当一构件支承于另一构件时，后者亦可以说是前者的支座。平面结构的支座可简化为可动铰支座、固定铰支座和固定支座三种基本类型。

(1) 可动铰支座

可动铰支座亦称为滚轴支座。如图 1-2 a 或 b 所示。其几何特征是构件可以围绕铰 A 转动，并可沿支承面移动（对图 1-2 来说，即水平方向），但不能在支承面法线方向移动（对图 1-2 来说，即竖直方向）。由于限制了一个方向的移动，所以此种支座具有一个约束反力，如图中 Y_A 。

(2) 固定铰支座

固定铰支座对应可动铰支座被称为滚轴支座时，可称为铰支座。计算简图如图 1-3 a、b、c 或 d 所示。其几何特征是结构可以绕铰 A 转动，但 A 点不能作水平移动和竖向移动。因此约束反力有两个，即水平反力 X_A 和竖向反力 Y_A ，两个反力通过铰 A 的中心。

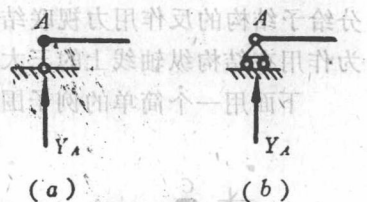


图 1-2

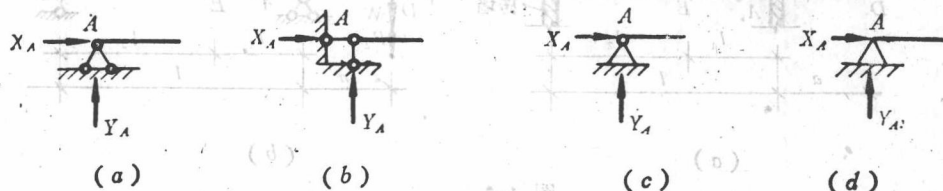


图 1-3

(3) 固定支座

固定支座的几何特征是结构在A端的转动、水平移动和竖向移动均受限制。其简图如图1-4所示。由于存在三个约束，所以支座反力有三个，即反力偶 M_A 、水平反力 X_A 和竖向反力 Y_A 。

支座除上述三种基本类型外，尚有定向支座和弹性支座等。定向支座（亦称滑动支座）如图1-5a所示，它有水平反力 X_A 和反力偶 M_A 。弹性支座，如图b、c和d所示，反力已示于图中。

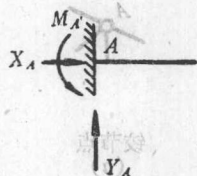


图 1-4

4. 荷载的简化

作用在一个结构上的荷载是很复杂的。荷载来源于四个方面：

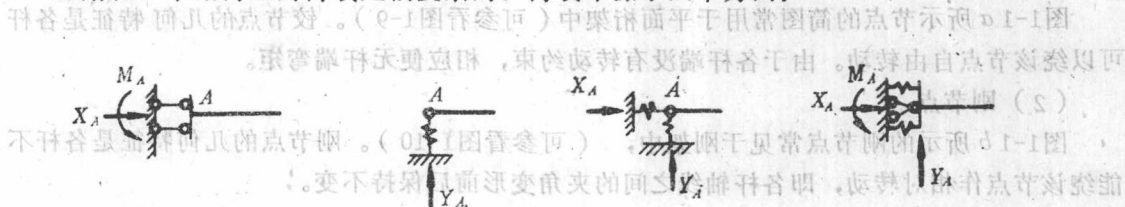


图 1-5

(1) 直接施加于结构上的力，如风力、设备和人群的荷载等；

(2) 构件内各处的体力，如自重；

(3) 支座的约束反力；

(4) 相联结构给予的反作用力。

这些荷载如果要准确地确定其大小、方向和作用点将是困难的，必须适当简化。例如作用面积不大，但给予结构较大荷载的力（如机器重、搁在结构上的梁端传来的荷载），按集中荷载考虑；作用在较大面积上的荷载（如人群、自重和风力等）按分布荷载计算；相联部分给予结构的反作用力视联结处的构造情况按集中力、集中力偶计算。所有荷载最后都简化为作用在结构纵轴线上的三大类型荷载：即线荷载、集中荷载和力偶荷载。

下面用一个简单的例子围绕上述四个方面的简化内容来说明计算简图的取法。

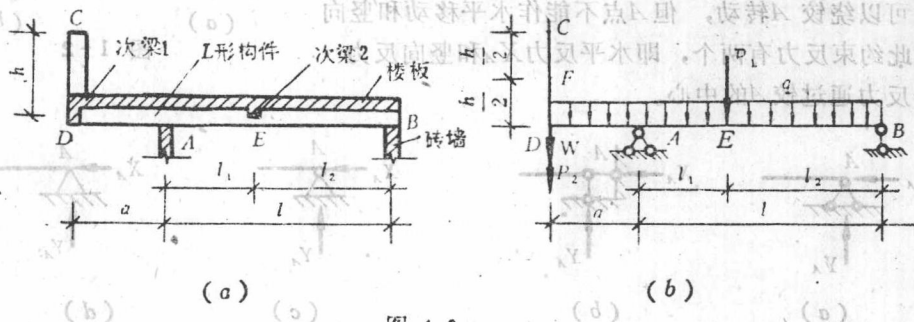


图 1-6

图1-6 a 示一L形构件支承于砖墙上，次梁搁在其上，而板搁在次梁上，现选取L形构件的计算简图。

1. 结构的简化

以各杆的纵轴线来代替实际的L形构件，当物件与砖墙接触面的长度不大时，取墙的中至中 l 为AB跨的计算跨度，其余尺寸的取法见图a。

2. 节点的简化

CD杆与DB杆是用钢筋混凝土整体浇灌而成的，且在节点D处配置一定数量的钢筋，构件变形后，两杆的夹角保持不变，将D视作刚节点。

3. 支座的简化

构件受力后的变形特点是：

(1) 构件搁在砖墙上，搁置点A和B没有竖向移动，但能转动；

(2) 构件不能在水平方向发生整体移动；

(3) 受温度变化影响时，各杆可自由伸缩。

考虑到上述的变形特点，对支承情况作如下处理：A处作为固定铰支座，B处作为可动铰支座。这样在A、B处就不会有竖直向下移动，但可以转动，这就符合了上述构件变形的第一个特点；由于A处为固定铰支座，其水平链杆限制了构件在水平方向的整体移动，符合第二个变形特点；又由于B处为可动铰支座，允许构件在水平方向自由伸缩，这与第三个变形特点一致。

4. 荷载的简化

DB杆的自重取为均布荷载 q ；次梁2搁在构件E处，尽管接触处次梁对构件的作用力其分布情况是复杂的，但用其合力 P_1 来取代分布的作用力；同理，次梁1对构件的作用力作用在D点的集中力 P_2 来表示；DC杆的自重作用在F点处的集中力 W 来代替；在支座A、B处，采用了这个计算简图，就是假定构件的反力沿墙宽为均匀分布，并以墙宽中点的合力来代替分布的反力。

综合上面四个方面的简化内容，所得计算简图如图1-6 b 所示。

至于其他各类构件的计算简图，将在以后的章节里一一提出，读者可按简化的两个原则和四个简化内容对照学习。

要选择好一个结构的计算简图，要求有丰富的结构设计、施工经验和力学知识，对于一些新结构型式的计算简图，往往需要通过反复试验和实践才能确定；对于常用的结构型式，其计算简图是前人实践经验的结晶，可直接采用。

当选定了计算简图之后，往往要采取相应的构造措施，以使结构实际内力与所选的计算简图相符。

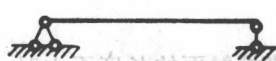
二、结构的分类

所谓结构的分类，实际上是按结构计算简图来分类，常见的平面杆件结构有如下几种类型。

1. 梁

梁是一种以弯曲变形为主的构件，水平梁在竖向荷载作用下，其截面内力只有弯矩和剪

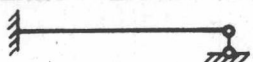
力。在图1-7中画出几种类型梁。



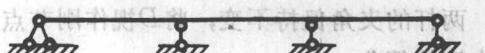
简支梁
(a)



多跨静定梁
(b)



单跨超静定梁
(c)

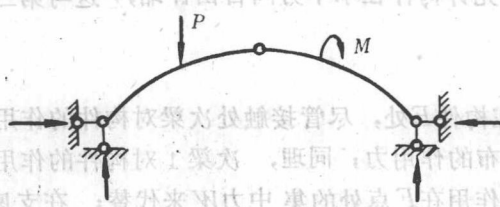


多跨连续梁
(d)

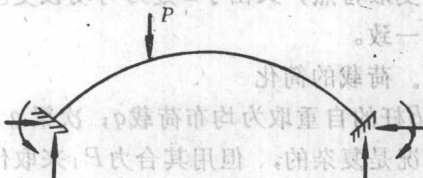
图 1-7

2. 拱

拱是由曲杆组成并且在竖向荷载作用下能产生水平反力的杆件结构。其截面内力有弯矩、剪力和轴力。在一定条件下，可以使拱以压缩变形为主，此时各截面主要承受轴向压力，在图1-8中，图a是静定拱，而图b是超静定拱。



三铰拱
(a)

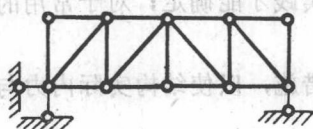


无铰拱
(b)

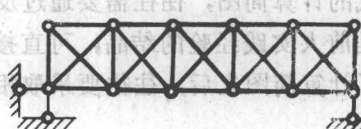
图 1-8

3. 桁架

桁架是由直杆组成，各杆端以理想铰联结而成的结构。在节点荷载作用下，各杆只有轴力。在图1-9中，图a是静定桁架，而图b是超静定桁架。



(a)



(b)

图 1-9

4. 刚架

刚架是由梁和柱组成，并具有刚节点的杆件结构，刚架也是以弯曲变形为主的结构，在荷载作用下各截面除有弯矩和剪力外，尚有轴力。在图1-10中，图a是静定刚架，图b、c是超静定刚架。

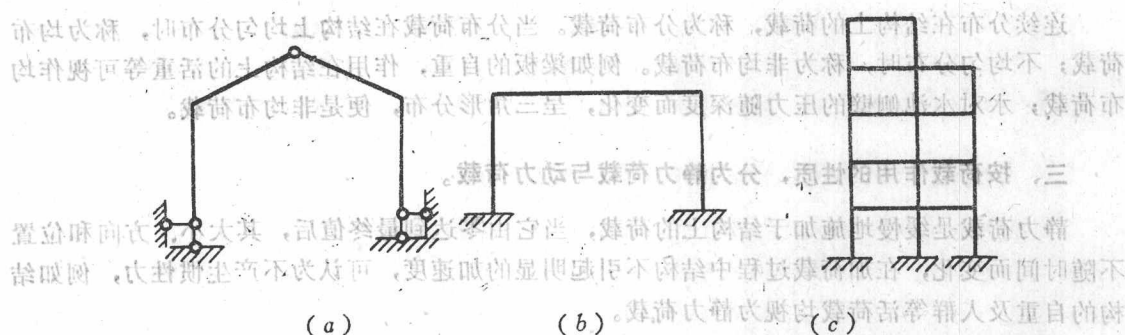


图 1-10

5. 组合结构

组合结构的特点是存在组合节点，在此结构中，有些杆件只有轴力（称为桁式杆），而另一些杆件同时存在弯矩、剪力和轴力（称为梁式杆）。在图1-11中，图a是静定组合结构，图b是超静定组合结构。

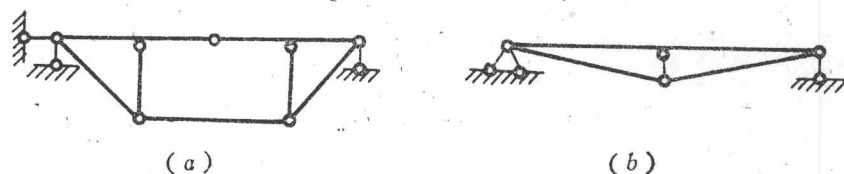


图 1-11

§ 1-4 荷载的分类

作用在结构上的力称为荷载。在进行结构计算之前，首先要确定结构所受的荷载。这是进行结构受力分析的前提，必须慎重对待，如果将荷载估计过大，就会过多地消耗材料，造成浪费；反之，若将荷载估计过低，则不能保证结构的安全。

在确定荷载时，要参考有关的“荷载规范”，目前建筑结构设计中有《工业与民用建筑结构荷载规范》（TJ9-74），它是荷载计算的基本依据。

结构计算中常见的荷载，分类如下：

一、按荷载作用时间的久暂，分为恒载和活荷载。

恒载是作用在结构上的不变荷载，例如结构的自重，固定设备重等。活载是作用在结构上的可变荷载，例如楼面活荷载、风荷载、雪荷载和吊车荷载等。

二、按荷载作用的分布情况，分为集中荷载和分布荷载。

当荷载的分布面积远小于结构的表面积时，就可认为荷载集中作用在结构的一点上，称为集中荷载。例如吊车梁上的轮压、次梁传给主梁的梁端压力，屋架传给柱子的压力等，都可视为集中荷载。

连续分布在结构上的荷载，称为分布荷载。当分布荷载在结构上均匀分布时，称为均布荷载；不均匀分布时，称为非均布荷载。例如梁板的自重，作用在结构上的活重等可视为均布荷载；水对水池侧壁的压力随深度而变化，呈三角形分布，便是非均布荷载。

三、按荷载作用的性质，分为静力荷载与动力荷载。

静力荷载是缓慢地施加于结构上的荷载，当它由零达到最终值后，其大小、方向和位置不随时间而变化，在加荷载过程中结构不引起明显的加速度，可认为不产生惯性力，例如结构的自重及人群等活荷载均视为静力荷载。

动力荷载是急剧地施加于结构上的荷载，其大小、方向和位置等都可能随时间而改变，使结构产生显著运动，因此产生加速度，必须考虑惯性力的影响。例如机器运转时产生的荷载、冲击波对结构的压力等就是动力荷载。



11-1 图

类 别 的 荷 载

荷载按其作用在结构上的位置，可分为点荷载和分布荷载。点荷载是指作用在结构上的荷载，其作用面积相对于结构的尺寸来说很小，可以忽略不计，例如屋架上的屋面板自重，可以视为点荷载。分布荷载是指作用在结构上的荷载，其作用面积相对于结构的尺寸来说较大，不能忽略不计，例如梁上的均布荷载，水对水池侧壁的压力等，都属于分布荷载。

荷载按其作用的时间，可分为永久荷载和可变荷载。永久荷载是指作用在结构上的荷载，其大小、方向和位置不随时间而变化，例如结构的自重、土压力等，都属于永久荷载。可变荷载是指作用在结构上的荷载，其大小、方向和位置随时间而变化，例如风荷载、雪荷载、活荷载等，都属于可变荷载。

荷载按其作用的方向，可分为垂直荷载和水平荷载。垂直荷载是指作用在结构上的荷载，其方向垂直于结构的表面，例如均布荷载、点荷载等，都属于垂直荷载。水平荷载是指作用在结构上的荷载，其方向平行于结构的表面，例如风荷载、地震荷载等，都属于水平荷载。

第三章 平面体系的几何组成分析

§ 2-1 几何组成分析的目的

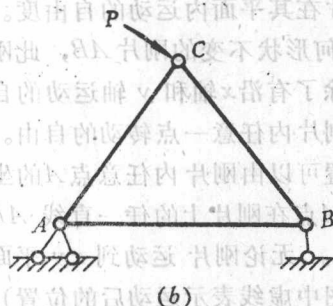
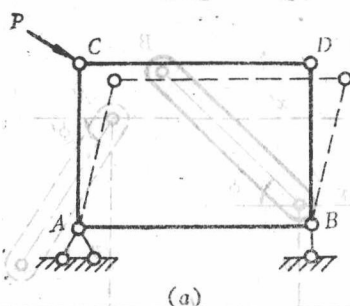


图 2-1

杆件结构是由若干杆件组成的杆件体系。按不同的组成形式有不同的几何形状。图2-1a所示矩形体系,各杆均为铰接,在稍微加一点力以后,其几何形状就将引起显著变化,呈平行四边形(如图虚线所示)。这种变化主要是由于杆件间产生刚体运动而引起。又如图2-1b所示三角形结构,在加力以后,其杆件间不会产生刚体运动,几何形状也不会引起显著变化,只是由于材料的应变会引起一点微小的形状改变,但这种微小的形状改变量与结构的原来尺寸相比,一般来说是很微小的,并不影响结构的正常工作。在几何组成分析中,我们将不考虑这种微小变形的影响,而把杆件当作是刚性的,只考虑杆件间的刚体运动,如果结构在承受荷载以后,其形状或各杆的相对位置不会引起任何变化(即杆件间不会产生机械运动)的体系,称为几何不变体系。如果在荷载作用下,其几何形状或各杆的相对位置引起变化的体系,则称为几何可变体系。图2-1a所示属几何可变体系,而图2-1b所示则属几何不变体系。

在建筑工程中,各种结构都可能承受一定的荷载,而可变体系在荷载作用下不能维持平衡,这就是说它将会倒塌,因此可变体系不能用作建筑结构,而必须采用几何不变体系。所以,作为结构设计者应当具备几何分析的知识,以保证结构具有可靠的几何组成,避免工程中出现可变的结构,造成事故,这就是进行几何分析的主要目的;其次,通过几何组成分析也可了解体系中各个部分的相互依赖或独立的关系,从而改善和提高结构的性能,以及可以有条不紊地计算结构的内力。

§ 2-2 平面体系的自由度

为了确定一个体系是否可变,最好先行弄清楚该体系的自由度。一个体系的自由度就是