



附：结构力学自学考试大纲

# 结构力学

组编 / 全国高等教育自学考试指导委员会  
主编 / 郭长城

全国高等教育自学考试指定教材

房屋建筑工程专业

(专科)

武汉大学出版社





全国高等教育自学考试指定教材 房屋建筑工程专业 (专科)

- 马克思主义哲学原理
- 邓小平理论概论
- 法律基础与思想道德修养
- 大学语文 (专科)
- 高等数学 (工专)
- 计算机应用基础
- 土木工程制图
- 工程测量
- 建筑材料
- 工程力学
- 结构力学
- 混凝土及砌体结构
- 土力学及地基基础
- 建筑施工

封面设计/曹 轴

ISBN 7-307-02968-5



9 787307 029682 >

ISBN 7-307-02968-5/O · 227 定价: 30.00 元

0342  
G-214

全国高等教育自学考试指定教材

房屋建筑工程专业(专科)

# 结 构 力 学

(附:结构力学自学考试大纲)

全国高等教育自学考试指导委员会 组编

主编 郭长城

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

结构力学/全国高等教育自学考试指导委员会组编;郭长城主编. —武汉:  
武汉大学出版社, 2000. 8

全国高等教育自学考试指定教材, 房屋建筑工程专业(专科). 附: 结构力学  
自学考试大纲

ISBN 7-307-02968-5

I. 结… II. ①全… ②郭… III. 结构力学—高等教育—自学考试—教材 IV. O342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 18318 号

责任编辑: 史新奎 责任校对: 张 昕 版式设计: 支 笛

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: wdp4@whu.edu.cn 网址: www.wdp.whu.edu.cn)

印刷: 涿州市星河印刷厂

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 23.25 插页: 1

版次: 2000 年 7 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷

字数: 609 千字 印数: 001 - 5000

ISBN 7-307-02968-5/O·227 定价: 30.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购教材, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题者, 请与当地教材供应部门联系  
调换。

## 组 编 前 言

当您开始阅读本书时,人类已经迈入了 21 世纪。

这是一个变幻难测的世纪,这是一个催人奋进的时代。科学技术飞速发展,知识更替日新月异。希望、困惑、机遇、挑战,随时随地都有可能出现在每一个社会成员的生活之中。抓住机遇,寻求发展,迎接挑战,适应变化的制胜法宝就是学习——依靠自己学习、终生学习。

作为我国高等教育组成部分的自学考试,其职责就是在高等教育这个水平上倡导自学、鼓励自学、帮助自学、推动自学,为每一个自学者铺就成才之路。组织编写供读者学习的教材就是履行这个职责的重要环节。毫无疑问,这种教材应当适合自学,应当有利于学习者掌握、了解新知识、新信息,有利于学习者增强创新意识、培养实践能力、形成自学能力,也有利于学习者学以致用、解决实际工作中所遇到的问题。具有如此特点的书,我们虽然沿用了“教材”这个概念,但它与那种仅供教师讲、学生听,教师不讲、学生不懂,以“教”为中心的教科书相比,已经在内容安排、形式体例、行文风格等方面都大不相同了。希望读者对此有所了解,以便从一开始就树立起依靠自己学习的坚定信念,不断探索适合自己的学习方法,充分利用已有的知识基础和实际工作经验,最大限度地发挥自己的潜能,以达到学习的目标。

欢迎读者提出意见和建议。

祝每一位读者自学成功。

全国高等教育自学考试指导委员会

2000 年 2 月

# 编者的话

一、本教材是按照 1999 年重新编制的“高等教育自学考试土建类专业结构力学自学考试大纲”的规定编写的。

二、本教材的编写原则是,在保证科学性、实用性的基础上,力求深入浅出,便于自学,向“以书为师”的方向努力。

三、对不同内容的学习要求分为四个等级,由低到高为:了解、领会、掌握、熟练掌握,在各章“学习指导”中指出。有些章节内容不便这样区分,则指出重点,使学习有所侧重。但是必须指出,这四个等级内容都是互相联系的,都是达到专业要求所不可少的,都属于考试范围,不可漏读。

在各章末尾有“小结”,用以扼要综述本章主要内容,并将本章各节内容以及本章与其他各章有关内容联系起来。有的还指出进一步学习方向。

学习内容中注有[路]或[水]者,表示是只有道路桥梁专业或水利电力专业应试者才必学的内容。

四、对于基本理论、基本方法和重点、难点的讲解,务求详细。举了大量例题说明理论及其应用。无论理论讲解和例题分析均力图引导读者随编者一起思维,以提高其分析和解决问题的能力。

五、结构力学是一门计算科学,必须做习题才能掌握。为此,书中给出必要数量的习题,并附有部分答案。一般,每学完一节内容,就要做相应的习题(习题号码中头一个数字为章号,第二个数字为节号,第三个数字为该节的习题号),然后再学习下一节内容。要做完习题再看答案。遇到困难,要反复钻研理论,务必通过做题掌握理论。

六、由于不掌握静定结构的内力计算和位移计算,就学习超静定结构计算,是会处处遇到困难的,所以在学完前四章后要做“中间测试题”(有答案),自我测试感到满意后再学习第五章。否则要重新学习前面有关内容。历次经验证明,这是必要的。

七、书后给出考题示例(有答案),供考生参考。

八、本书由郭长城主编,郭英俊电算校核,王力华协助制图,李论描图。

限于编者水平,书中定有缺点,望读者批评指正。

本书审稿人有:王荫长教授(西安建筑科技大学)、刘世奎教授(北京建筑工程学院)、王伟副教授(哈尔滨建筑大学)。对他们提出的宝贵意见,表示感谢。

编者

1999 年 12 月

# 目 录

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| <b>第一章 绪论</b> .....           | (1)  |
| 学习指导 .....                    | (1)  |
| § 1-1 结构力学的任务 .....           | (1)  |
| § 1-2 结构力学与其他课程间的关系 .....     | (1)  |
| § 1-3 杆件结构的支座 .....           | (1)  |
| § 1-4 杆件结构的结点 .....           | (2)  |
| § 1-5 结构计算简图 .....            | (3)  |
| § 1-6 常见杆件结构类型 .....          | (5)  |
| 小结 .....                      | (6)  |
| 习题 .....                      | (6)  |
| <b>第二章 平面体系的几何组成分析</b> .....  | (7)  |
| 学习指导 .....                    | (7)  |
| § 2-1 几何不变体系、几何可变体系的概念 .....  | (7)  |
| § 2-2 关于自由度、刚片、约束的概念 .....    | (9)  |
| § 2-3 无多余约束的几何不变体系的组成规则 ..... | (11) |
| § 2-4 体系几何组成分析举例 .....        | (14) |
| § 2-5 结构的几何特性与静力特性的关系 .....   | (17) |
| 小结 .....                      | (18) |
| 习题 .....                      | (19) |
| 部分答案 .....                    | (21) |
| <b>第三章 静定结构内力计算</b> .....     | (23) |
| 学习指导 .....                    | (23) |
| § 3-1 简单刚架支座反力计算 .....        | (23) |
| § 3-2 刚架指定截面内力计算 .....        | (26) |
| § 3-3 绘制刚架弯矩图的基本方法 .....      | (28) |
| § 3-4 通过简支梁用叠加法绘制刚架弯矩图 .....  | (35) |
| § 3-5 刚架剪力图、轴力图的绘制 .....      | (41) |



|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| § 3-6 三铰刚架的计算 .....                          | (43)  |
| § 3-7 多跨静定梁的计算 .....                         | (47)  |
| § 3-8 由几何组成确定静定结构内力计算途径 .....                | (51)  |
| § 3-9 三铰拱的计算 .....                           | (56)  |
| § 3-10 用结点法计算桁架 .....                        | (63)  |
| § 3-11 用截面法计算桁架 .....                        | (68)  |
| § 3-12 几种梁式桁架的受力特性 .....                     | (72)  |
| § 3-13 组合结构的计算 .....                         | (76)  |
| 小结 .....                                     | (79)  |
| 习题 .....                                     | (79)  |
| 部分答案 .....                                   | (85)  |
| <b>第四章 静定结构位移计算</b> .....                    | (88)  |
| 学习指导 .....                                   | (88)  |
| § 4-1 实功与虚功 广义力与广义位移 变形体虚功方程 .....           | (88)  |
| § 4-2 静定结构由于荷载作用产生的位移计算(单位荷载法) .....         | (95)  |
| § 4-3 图乘法 位移计算举例 .....                       | (98)  |
| § 4-4 静定结构由于支座位移产生的位移计算 .....                | (111) |
| § 4-5 静定结构由于温度改变产生的位移计算 .....                | (113) |
| § 4-6 功的互等定理 位移互等定理 反力互等定理 .....             | (116) |
| 小结 .....                                     | (119) |
| 习题 .....                                     | (120) |
| 部分答案 .....                                   | (122) |
| 中间测试题 .....                                  | (123) |
| 中间测试题答案 .....                                | (124) |
| <b>第五章 力法</b> .....                          | (127) |
| 学习指导 .....                                   | (127) |
| § 5-1 超静定结构的性质 超静定次数的确定 计算超静定结构的基本方法 .....   | (127) |
| § 5-2 荷载作用下用力法计算超静定刚架 .....                  | (134) |
| § 5-3 支座位移时用力法计算超静定梁 .....                   | (150) |
| § 5-4 结构对称性的利用 .....                         | (154) |
| § 5-5 无弯矩情况的判定 .....                         | (161) |
| § 5-6 用力法计算超静定桁架 .....                       | (162) |
| § 5-7 无铰拱的计算 <sup>[路、水]</sup> 双铰拱的计算特点 ..... | (165) |
| § 5-8 超静定结构的位移计算 .....                       | (174) |
| 小结 .....                                     | (176) |
| 习题 .....                                     | (176) |



|                                                                              |       |
|------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 部分答案 .....                                                                   | (182) |
| <b>第六章 位移法</b> .....                                                         | (186) |
| 学习指导 .....                                                                   | (186) |
| § 6-1 单跨超静定梁的杆端弯矩、杆端剪力 .....                                                 | (186) |
| § 6-2 位移法基本结构的确定 .....                                                       | (190) |
| § 6-3 有一个独立结点转角未知量的结构的计算 .....                                               | (194) |
| § 6-4 已知弯矩图及荷载,绘剪力图及轴力图 .....                                                | (206) |
| § 6-5 有一个独立线位移未知量的结构的计算 .....                                                | (208) |
| § 6-6 用位移法计算一般刚架 .....                                                       | (214) |
| § 6-7 对称条件的利用 .....                                                          | (232) |
| § 6-8 转角位移方程 用结点、截面平衡方程计算刚架 .....                                            | (235) |
| 小结 .....                                                                     | (242) |
| 习题 .....                                                                     | (243) |
| 部分答案 .....                                                                   | (247) |
| <b>第七章 力矩分配法</b> .....                                                       | (250) |
| 学习指导 .....                                                                   | (250) |
| § 7-1 转动刚度、传递系数、分配系数、分配力矩、传递力矩的概念 .....                                      | (250) |
| § 7-2 用力矩分配法计算单结点结构 .....                                                    | (253) |
| § 7-3 用力矩分配法计算连续梁及无侧移刚架 .....                                                | (261) |
| § 7-4 力矩分配法变形校核(无侧移刚架变形校核) .....                                             | (270) |
| 小结 .....                                                                     | (274) |
| 习题 .....                                                                     | (275) |
| 部分答案 .....                                                                   | (278) |
| <b>第八章 影响线及其应用</b> .....                                                     | (280) |
| 学习指导 .....                                                                   | (280) |
| § 8-1 影响线的概念 .....                                                           | (280) |
| § 8-2 伸臂梁的影响线 内力影响线的量纲 影响线与内力图的区别<br>影响线绘制举例 .....                           | (286) |
| § 8-3 影响量的计算 .....                                                           | (302) |
| § 8-4 最不利荷载位置的确定 .....                                                       | (305) |
| § 8-5 公路桥涵设计的标准化荷载 公路简支梁桥汽车荷载最不利位置确定算例<br>等代荷载(换算荷载)的利用 <sup>[路]</sup> ..... | (313) |
| § 8-6 超静定结构内力影响线的绘制方法 连续梁内力影响线的形状<br>均布活荷的最不利分布 .....                        | (317) |
| 小结 .....                                                                     | (322) |
| 习题 .....                                                                     | (322) |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 部分答案 .....          | (325) |
| 考题示例 .....          | (330) |
| 考题示例答案 .....        | (336) |
| 附录 结构力学自学考试大纲 ..... | (339) |

# 第一章 绪 论

## 学习指导

通过本章学习,了解结构力学的任务,与其他课程间的关系及常见结构类型;掌握结构计算简图的概念和确定计算简图的原则;掌握杆件结构的支座分类及结点分类。

### § 1-1 结构力学的任务

不论设计任何结构都要经过正确的计算,才能达到安全、经济和合乎使用要求的目的。

对于大学专科,结构力学的任务是,研究杆件结构的强度、刚度的计算原理和计算方法(内力计算和位移计算)。进行强度计算是保证结构能满足安全和经济的要求;进行刚度计算是保证结构不致发生过大变形而不能满足使用要求。

### § 1-2 结构力学与其他课程间的关系

数学为结构力学提供计算工具,如代数方程组的解算、微分、积分等。

工程力学,一方面其理论力学部分为结构力学提供计算原理,如平衡方程、虚功原理等;另一方面其材料力学部分研究单个杆件的应力、内力、变形,是研究杆件体系内力、变形的结构力学的基础。

结构力学在钢筋混凝土结构等后继专业课中将得到应用。在这些课中还要讲一些实用计算,如规范方法等,对结构计算加以补充。

### § 1-3 杆件结构的支座

平面杆件结构的支座,常见的有以下几种:

#### 一、活动铰支座(图 1-1a)

杆端 A 沿水平方向可以自由移动,但沿竖向(沿支杆)不能移动,绕 A 点可以自由转动。因此只能发生竖向(沿支杆方向)反力(图 1-1b)。

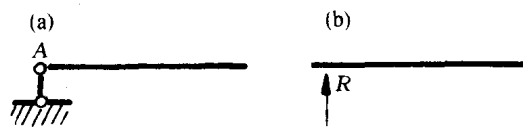


图 1-1

## 二、铰支座(图 1-2a)

杆端  $A$  绕  $A$  点可以自由转动,但沿任何方向均不能移动。因此支座反力通过  $A$  点( $A$  端可以自由转动,不发生抵抗转动的反力偶),而方向待定。为了方便,将反力分解为两个分量  $R_V$  及  $R_H$ (图 1-2b)。

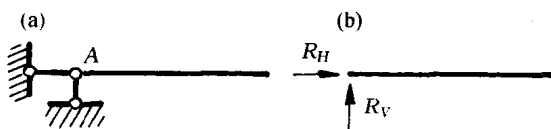


图 1-2

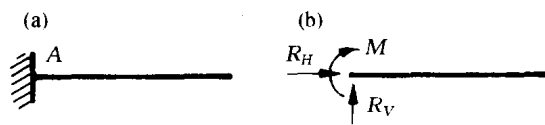


图 1-3

## 三、固定支座(图 1-3a)

杆端不能移动也不能转动。共有 3 个反力分量  $R_V$ 、 $R_H$  及  $M$ (图 1-3b)。

以上 3 种支座在工程力学中已经学过。

## 四、定向支座(图 1-4a、c、d)

这种支座只允许杆端沿一定方向自由移动,而沿其他方向不能移动,也不能转动。沿自由移动方向无反力,反力与此方向垂直;有反力偶(阻碍转动)。图(a)及图(c)代表允许水平向滑动的定向支座(它们是同一支座的两种表示方法),其反力如图(b)所示。图(d)代表允许竖向位移的定向支座,其反力如图(e)所示。

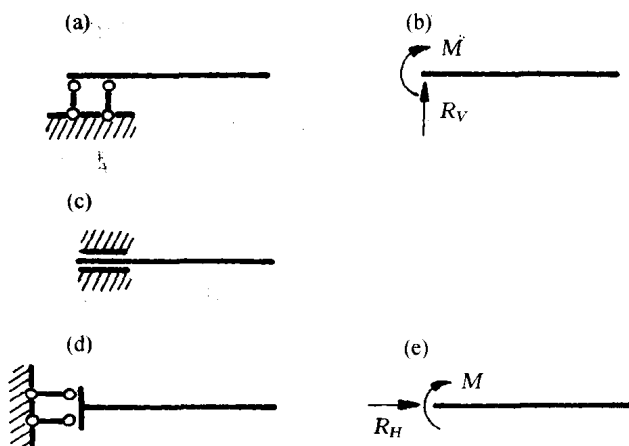


图 1-4

定向支座在利用对称条件简化结构计算中用到。

## § 1-4 杆件结构的结点

杆件结构的结点,通常可分为铰结点(图 1-5a)、刚结点(图 b)、组合结点(图 e、f)三种。



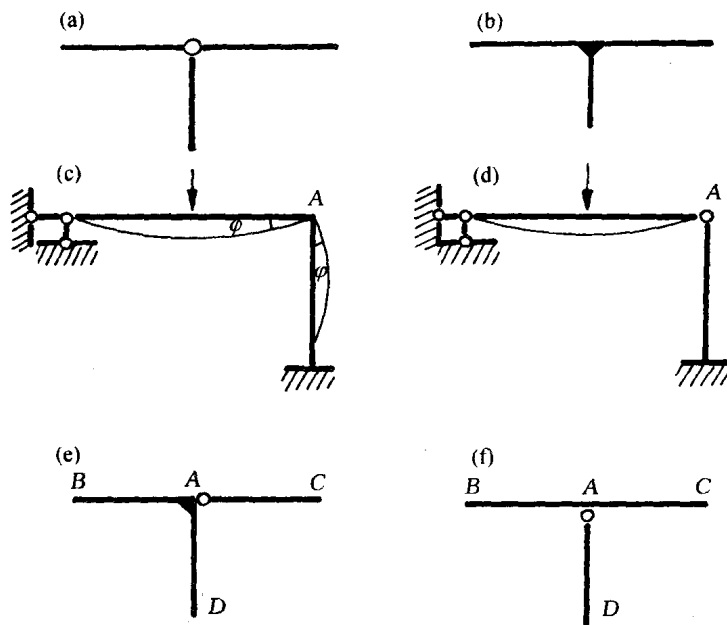


图 1-5

铰结点上各杆的铰结端可以自由相对转动。因此,受荷载作用时(图 d):

1. 铰结点上各杆间夹角可以改变,与受荷前的夹角不同。

2. 各杆的铰结端不产生弯矩。弯矩为零。

与铰结点不同,刚结点上(图 b)各杆的刚结端不能相对转动,即认为刚结点是一个刚体,各杆均刚结于此刚体上。因此,受荷后(图 c):

(1) 刚结点上各杆间的夹角不变,各杆的刚结端旋转同一角度  $\varphi$ 。

(2) 各杆的刚结端一般产生弯矩。

若在同一结点上,某些杆间相互刚结,而另一些杆间相互铰结,则称为组合结点或半铰结点。图(e)上结点 A 为组合结点:杆 AB 与杆 AD 刚结,杆 AC 与它们铰结。图(f)上杆 BAC 是一个杆,但可以看作是两个杆(AB 与 AC)刚结于结点 A。杆 AD 与它们铰结。

铰结点上的铰(图 a)称为完全铰,或全铰。组合结点上的铰(图 e、f)则称为非完全铰或半铰。绘图时要特别注意,不要把半铰画成全铰,或反之。后面将会知道,这样做,体系的机动性质和受力情况就完全变了。

## § 1-5 结构计算简图

实际结构情况复杂,往往不能考虑所有因素去做严格计算,而需去掉次要因素,以简化图式来代替。这种用以计算的简化图式,叫做结构计算简图,或计算模型。

确定计算简图的原则是:

1. 保证设计上需要的足够精度。

2. 使计算尽可能简单。

计算简图的确定,要经过实验、实测和理论分析,并要经多次工程实践的检验。

工程中常见的建筑物,已经有了成熟的计算简图,大家可以在结构课中或工作中学到。对于一些新型结构,则需要设计人员自己确定计算简图。

下面举几个确定计算简图的例子。

**例 1-1 柱端支座的计算简图**

当土质坚实、基础底面积较大且基础杯口深,杯口中灌以细石混凝土时(图 1-6a),则柱子下端支承的计算简图取为固定支座。这是因为

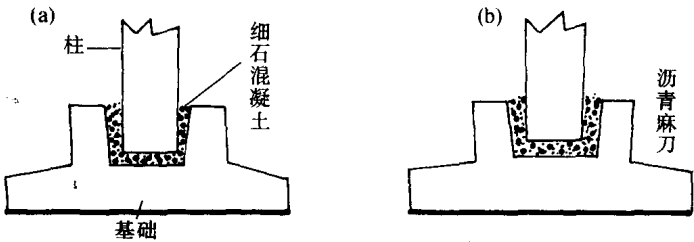


图 1-6

- 1. 这时基础和柱端线位移及转角均较小,结构的位移主要是柱子和上部结构变形引起的。
- 2. 柱端构造能承受较大弯矩。

若基础杯口中用沥青麻刀填充(图 b),柱底支承的计算简图取为铰支座。因为这时允许柱端发生微小转角,产生的弯矩较小,与柱中弯矩相比可以略去。

上述计算简图可以保证足够精度,满足设计要求。

若不作简化,则必须考虑地基、基础、细石混凝土或沥青麻刀的变形,而把结构、基础、土体作为一个体系来分析。在土建工程中,一般做这样复杂的计算是困难的和不必要的。

上面这个例子,主要是由构造情况确定计算简图。也有的计算简图是由受力情况确定的。

**例 1-2 桁架计算简图**

图 1-7(a)示一焊接钢桁架,其结点 K 的构造情况如图(b)所示。各杆由角钢组成,焊接于

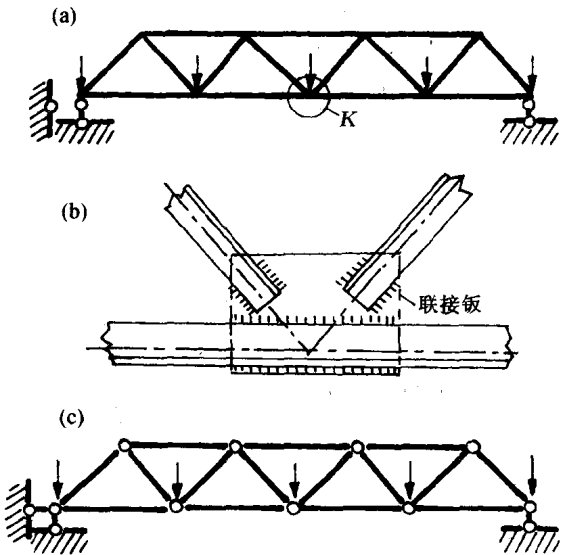


图 1-7

钢联接板上,各杆轴线汇交于一点。桁架受荷后,除各杆变形外,联接板也要发生变形。因而各杆间夹角要改变,不是刚结点。但夹角不能自由改变,因而又不是铰结点。要想精确计算是很复杂的。

考虑到联接板在桁架平面内刚度很大,变形很小,可以当作刚结点计算,即可以采用刚结点计算简图。按此简图计算,杆中产生轴力、弯矩及剪力。对于常见的由细长杆组成的桁架,在结点荷载(荷载均作用于结点上)的条件下,与轴力产生的正应力相比,弯矩产生的正应力较小,称为次应力,可以略去。另一方面按铰结的计算简图(图 c)计算时所得的轴力与按前面刚结点计算简图所得的轴力接近,而计算量却少得多,因此通常采用铰结计算简图(图 c)。

上述分析结果为多年的工程实践所证实。同时也表明,当杆件短粗时,桁架次应力不能略去不计。

在有了电子计算机的今天,考虑次应力(按刚结简图计算)并无困难。

## § 1-6 常见杆件结构类型

杆件结构分类方法很多,这里不作介绍,只谈几种常见结构类型(图 1-8)。

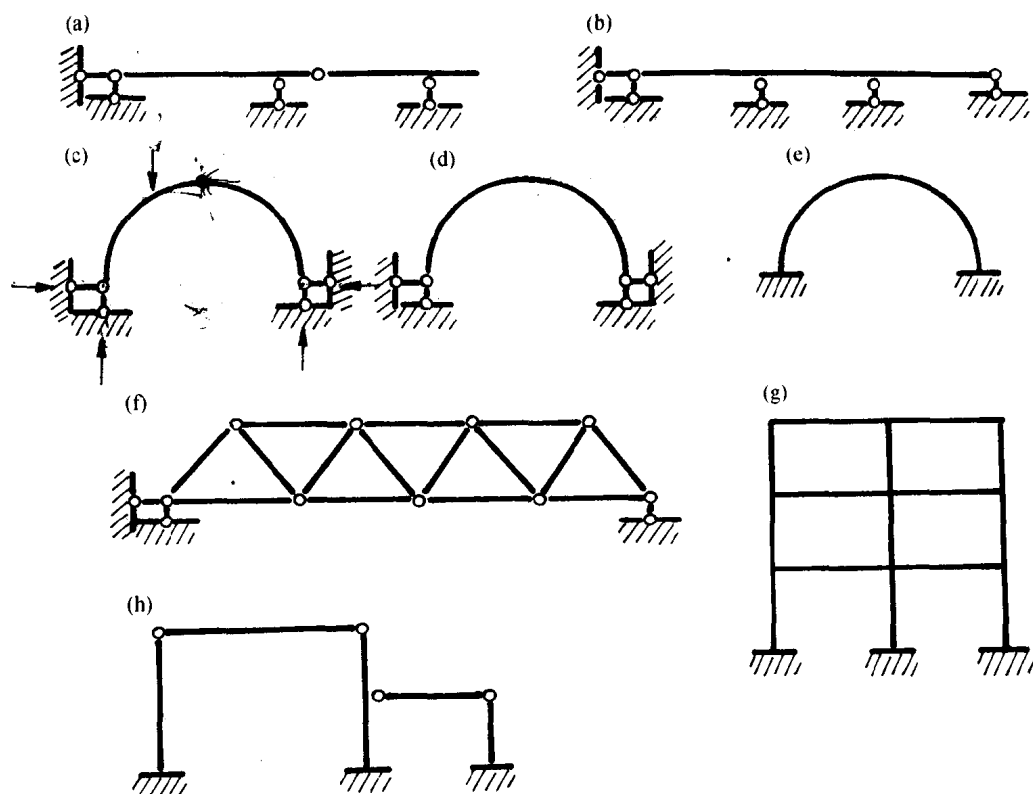


图 1-8

梁 图 1-8(a)示多跨静定梁。它是多跨的,又是静定的。图(b)为一连续梁。中间各铰是半铰,整条梁是连续的。它也是多跨的,但是超静定的。

拱 拱的特点是在竖向荷载作用下能产生水平支座反力。通常拱轴是曲线的。图(c)示

三铰拱,它是静定的。图(d)示两铰拱,图(e)示无铰拱,它们是超静定的。

桁架 桁架是铰结直杆体系(图 f)。

刚架 刚架的结点一般是刚结点(图 g)。图(h)示铰结刚架,或称铰结排架,简称排架。

## 小 结

各种支座和各种结点都是为了简化计算而理想化了的计算简图。

根据支座的性质,活动铰支座有一个作用线已知、数值待定的反力。铰支座有两个待定的反力。固定支座有两个反力和一个反力偶待定。

刚结点上各杆端转角相同,各杆端都能发生弯矩。铰结点上各杆端转角一般不同,各杆端均无弯矩。

计算简图要参照前人经验慎重选取,对新型结构要经过实验和理论分析,存本去末,才能确定。

## 习 题

习题 1-3-1 铰支座为什么不发生支座反力偶?竖向定向支座发生什么样的反力?为什么?

习题 1-4-1 刚结点、铰结点的特点是什么?

习题 1-5-1 如何确定计算简图?什么情况下可以认为是刚结点,什么情况下可以认为是铰结点?

## 第二章 平面体系的几何组成分析

### 学习指导

体系的几何组成分析除研究结构组成方法外,还是研究结构计算所必需的。例如它有助于静定结构计算途径的确定,由它可以判断力法、位移法解算超静定结构的基本未知量个数等。

通过本章的学习,要求:

- 一、掌握几何不变体系、几何可变体系和自由度、刚片、约束的概念。
- 二、掌握无多余约束几何不变体系的几何组成规则。
- 三、掌握体系的几何组成分析,熟练掌握常见结构的几何组成分析。
- 四、理解结构的几何特性与静力特性的关系。

### § 2-1 几何不变体系、几何可变体系的概念

在研究杆件体系的机动性质时,不考虑杆件的变形,即扣除由于杆件变形产生的位移,只考虑刚体机械运动(刚性位移)。

图 2-1(a)所示体系,如果杆件是刚性的(即无变形),则几何形状(三角形)是不能改变的,位置也是不能变的(即不能动)。这种几何形状和位置都不能变的体系称为几何不变体系。图(b)及(c)示可变体系。图(b)可以改变形状,图(c)可以改变位置。

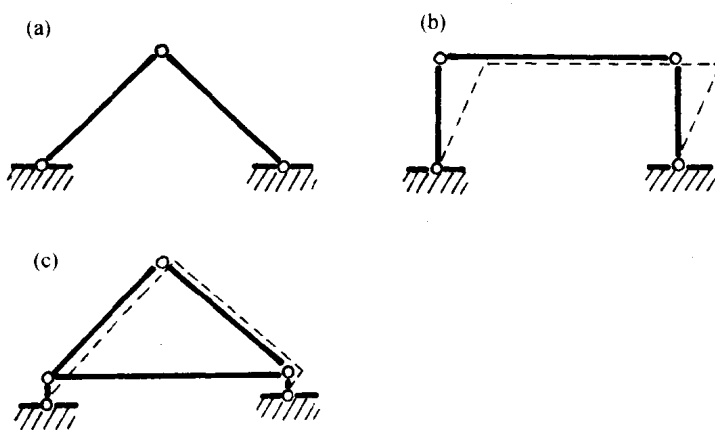


图 2-1