



主编/周锡武 吴本英 主审/郭长城

# 结构力学

## 自学考试指导与题解

全国高等教育自学考试命题研究组 组编



建材工业出版社



# 结构力学

清华大学出版社

全 国 高 等 教 育 自 学 考 试 辅 导 丛 书

# 结 构 力 学

## 自学考试指导与题解

主 编 周锡武 吴本英  
副主编 熊瑞生 李积梅

中国建材工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

结构力学自学考试指导与题解/周锡武,吴本英主编. - 北京:中国建材工业出版社, 2002.7

(高等教育建筑专业自学考试辅导丛书)

ISBN 7-80159-317-0

I.结… II.①周… ②吴… III.建筑结构-结构力学-高等教育-自学考试-自学参考资料 IV.TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 051469 号

### 结构力学

#### 自学考试指导与题解

主 编 周锡武 吴本英

副 主 编 熊瑞生 李积梅

责任编辑 宋 彬

中国建材工业出版社出版

(北京海淀区三里河路 11 号 邮编 100831)

北京丽源印刷厂

各地新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:20.5 字数:470 千字

2002 年 11 月第 1 版 2003 年 2 月第 2 次印刷

印数:3001-6000 册 定价:37.00 元

ISBN 7-80159-317-0/TU·155

# 前 言

为了满足广大自考生复习要求,我们编写了这本《〈结构力学〉自学考指导与题解》。

该书是根据全国高等教育自学考试指导委员会审定的《结构力学的自学考试大纲》和指定教材——武汉大学出版社出版的《结构力学》(郭长城主编)进行编写的。全书共分五部分:第一部分为考核点提示;第二部分为例题;第三部分为综合练习;第四部分为模拟自测题;第五部分为武汉大学出版社出版的《结构力学》(郭长城主编)课后习题参考答案。其中,综合练习包括填空、选择、判断、作图和计算分析等题型,基本上涵盖了本课程的考试内容。各章附有参考答案,供考生复习时参考。

该书不仅供广大自考生使用,同时,也可供在校本、专科学生使用,也可供教师参考。

编写分工为:第二、三、四章由吴本英编写,第五、六、七章由周锡武编写,第一、八章由熊瑞生编写,自测题由周锡武编写,第五部分由李积梅编写,最后由周锡武审核定稿。书中错误和不妥之处,敬希读者指正。

编者

2002年10月

# 目 录

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| 第一章 绪论 .....          | ( 1 )   |
| 考核点提示 .....           | ( 1 )   |
| 综合练习 .....            | ( 2 )   |
| 一、填空题 .....           | ( 2 )   |
| 二、判断题 .....           | ( 2 )   |
| 参考答案 .....            | ( 3 )   |
| 第二章 平面体系的几何组成分析 ..... | ( 4 )   |
| 考核点提示 .....           | ( 4 )   |
| 例题 .....              | ( 5 )   |
| 综合练习 .....            | ( 9 )   |
| 一、填空题 .....           | ( 9 )   |
| 二、选择题 .....           | ( 11 )  |
| 三、判断题 .....           | ( 13 )  |
| 四、分析题 .....           | ( 14 )  |
| 参考答案 .....            | ( 16 )  |
| 第三章 静定结构内力计算 .....    | ( 19 )  |
| 考核点提示 .....           | ( 19 )  |
| 例题 .....              | ( 21 )  |
| 综合练习 .....            | ( 48 )  |
| 一、填空题 .....           | ( 48 )  |
| 二、选择题 .....           | ( 51 )  |
| 三、判断题 .....           | ( 56 )  |
| 四、作图题 .....           | ( 59 )  |
| 五、分析计算题 .....         | ( 62 )  |
| 参考答案 .....            | ( 65 )  |
| 第四章 静定结构位移计算 .....    | ( 75 )  |
| 考核点提示 .....           | ( 75 )  |
| 例题 .....              | ( 78 )  |
| 综合练习 .....            | ( 82 )  |
| 一、填空题 .....           | ( 82 )  |
| 二、选择题 .....           | ( 83 )  |
| 三、判断题 .....           | ( 85 )  |
| 四、分析计算题 .....         | ( 87 )  |
| 参考答案 .....            | ( 89 )  |
| 静定部分综合测试题 .....       | ( 93 )  |
| 第五章 力法 .....          | ( 97 )  |
| 考核点提示 .....           | ( 97 )  |
| 例题 .....              | ( 102 ) |
| 综合练习 .....            | ( 113 ) |
| 一、填空题 .....           | ( 113 ) |
| 二、选择题 .....           | ( 116 ) |
| 三、判断题 .....           | ( 121 ) |
| 四、分析计算题 .....         | ( 122 ) |
| 参考答案 .....            | ( 126 ) |
| 第六章 位移法 .....         | ( 144 ) |
| 考核点提示 .....           | ( 144 ) |
| 例题 .....              | ( 150 ) |

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| 综合练习 .....                 | (159)        |
| 一、填空题 .....                | (159)        |
| 二、选择题 .....                | (161)        |
| 三、判断题 .....                | (162)        |
| 四、分析计算题 .....              | (163)        |
| 参考答案 .....                 | (165)        |
| <b>第七章 力矩分配法 .....</b>     | <b>(185)</b> |
| 考核点提示 .....                | (185)        |
| 例题 .....                   | (188)        |
| 综合练习 .....                 | (195)        |
| 一、填空题 .....                | (195)        |
| 二、选择题 .....                | (196)        |
| 三、判断题 .....                | (197)        |
| 四、分析计算题 .....              | (198)        |
| 参考答案 .....                 | (200)        |
| <b>第八章 影响线及其应用 .....</b>   | <b>(211)</b> |
| 考核点提示 .....                | (211)        |
| 例题 .....                   | (214)        |
| 综合练习 .....                 | (219)        |
| 一、填空题 .....                | (219)        |
| 二、选择题 .....                | (220)        |
| 三、判断题 .....                | (223)        |
| 四、分析计算题 .....              | (225)        |
| 参考答案 .....                 | (227)        |
| 超坎定部分综合测试题 .....           | (239)        |
| 综合测试题答案 .....              | (241)        |
| <b>《结构力学》模拟自测题及参考答案</b>    |              |
| 模拟自测题(一) .....             | (247)        |
| 模拟自测题(一)参考答案 .....         | (251)        |
| 模拟自测题(二) .....             | (254)        |
| 模拟自测题(二)参考答案 .....         | (257)        |
| 课后习题参考答案 .....             | (260)        |
| 《结构力学》郭长城主编(武汉大学出版社) ..... | (260)        |

# 第一章 绪 论

## 考核点提示

### 1. 学习目的和要求

了解结构力学的任务,与其他课程间的关系及常见杆件结构类型;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。

### 2. 考核知识点及考核要求

识记:各种支座所能产生的反力,全铰与半铰的区别,计算简图的含义;确定计算简图的原则。

领会:铰结点,刚结点,组合结点的特点。

### 3. 基本内容学习指导

#### (1) 结构力学的内容:

从解决工程实际问题的角度看,结构力学的内容可分为三个部分:

- ①将实际结构简化为结构简图;
- ②研究各种计算简图的计算方法;
- ③将计算结果运用于实际结构的设计和施工。

#### (2) 结构力学的任务:

- ①讨论杆件结构的组成规律和结构的计算简图的合理选择。
- ②研究结构在外部因素,如荷载、支座移动和温度变化等影响下,结构的反力、内力和位移的计算原理和计算方法,解决结构的强度和刚度问题。

③分析结构的动力性能和稳定问题(对于大学专科,稳定性计算不作要求)。

因此,对于专科学生来说,《结构力学》的核心是研究结构在荷载等因素作用下,内力和位移的计算。

#### (3) 结构力学研究方法:

结构力学的计算方法很多,但都必须满足以下三个基本条件:

①力学的平衡条件:是指结构的整体或结构的一部分都应满足力系的平衡条件( $\sum X = 0$ ;  $\sum Y = 0$ ;  $\sum M = 0$ )。

②变形连续条件:是指结构的杆件发生各种变形后仍是连续的,没有重叠或缝隙;结构的支座和结点应满足相应的约束条件。

③物理条件:是指结构的应力和应变通过物理方程(虎克定律)联系起来,应满足应的物理方程。

#### (4) 结构计算简图及简化的要点:

在结构设计中,需要对实际结构进行力学分析。由于实际结构的组成、受力和变形情况是很复杂的,因此,计算时应抓住能反映结构实际情况的主要因素,忽略一些次要因素,对实际结构进行抽象和简化。这种用来代替实际结构进行简化计算的图形,称为结构的计算简图。

选择计算简图的原则:a. 从实际出发——计算简图要反映实际结构的主要性能;b. 分清主次,略去细节——计算简图要便于计算。

将实际结构简化为计算简图,通常包括以下方面:

- ①结构体系的简化。
- ②杆件的简化。
- ③结点的简化。

包括:a. 铰结点 特征是汇交于结点的各杆可产生相对转动,各杆端转角一般不同,杆端无弯矩。

如图 1-1(a)所示。

b. 刚结点 特点是刚结点上各杆不能相对转动,各杆端转角相同,杆端一般产生弯矩如图 1-1(b)所示。

c. 组合结点 同时具有以上两种结点的特点。如图 1-1(c)所示。

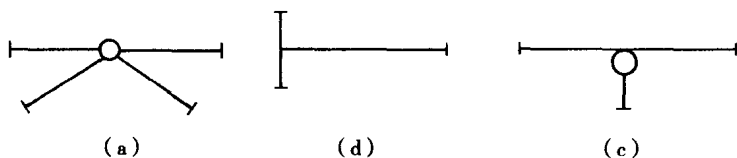


图 1-1

- ④支座的简化。包括：
- a. 活动铰支座：被支承的部分可以转动和水平移动，只有竖向反力  $V$  (如图 1-2)。
  - b. 铰支座：被支承的部分可以转动，不能移动，能提供两个反力  $V$ 、 $H$ 。(如图 1-3)。
  - c. 固定支座：被支承的部分完全被固定，能提供三个反力  $V$ 、 $H$ 、 $M$  (如图 1-4)。
  - d. 定向支座：被支承的部分不能转动，但可沿一个方向平行滑动，能提供反力矩  $M$  和一个反力  $V$  (如图 1-5)。

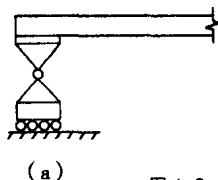
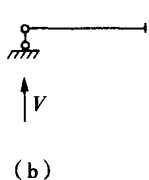
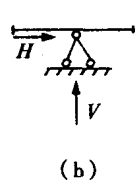


图 1-2



(a)

图 1-3



(b)

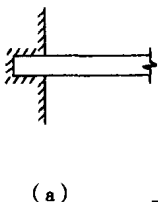
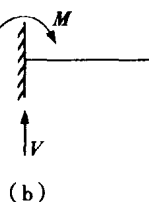
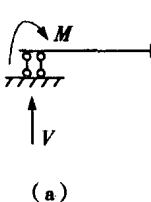


图 1-4



(b)

图 1-5



(a)

## ⑤荷载的简化

### (5)常见杆件结构的分类

杆件结构分类方法很多，常见结构类型有以下几种：

- a. 梁 它包括单跨梁和多跨梁，是一种受弯构件，其轴线通常为直线。
- b. 拱 拱的特点是在竖向荷载作用下能产生水平支座反力(推力)。通常拱轴是曲线的。
- c. 桁架 桁架是铰结直杆体系。
- d. 刚架 刚架也是由直杆组成的，其结点为刚结点。
- e. 组合结构 组合结构是桁架和梁或刚架组合在一起形成的结构，其中含有组合特点。

## 综合练习

### 一、填空题

1. 将实际结构抽象为力学分析的模型，即计算简图，其内容包括结构体系的简化(空间简化为平面)，杆件的简化，杆件连接的简化，即\_\_\_\_\_，结构与基础间连接的简化，即\_\_\_\_\_。
2. 支座计算简图中的刚性支座可分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
3. 刚结点与铰结点在力的传递的主要差别是刚结点即可传递轴力、剪力，也可传递\_\_\_\_\_。
4. 刚结点在结构发生变形时的特征是\_\_\_\_\_。

### 二、判断题

1. 杆系结构中梁、刚架、桁架及拱的分类，是根据结构计算简图来划分的。( )
2. 定向支座总是存在一个约束反力矩和一个竖向约束反力。( )
3. 铰结点的特性是被连接杆件在连接处即不能相对移动又不能相对转动。( )

## 参考答案

### 一、填空题

1. 结点简化 支座简化 2. 活动铰支座 铰支座 固定支座 定向支座 3. 力矩 4. 各杆之间的夹角保持不变

### 二、判断题：

1. ✓ 2. ✗ 3. ✗

## 第二章 平面体系的几何组成分析

### 考核点提示

#### 1. 学习目的和要求

(1) 领会几何不变体系, 几何可变体系和刚片、自由度、约束等概念, 并理解瞬变体系与常变体系的区别。

(2) 掌握无多余约束的几何不变体系的几何组成规则, 并能运用这些规则正确地判断体系是否属于几何不可变的。

(3) 熟练掌握常见结构的几何组成分析。

(4) 领会结构的几何特性与静力特性。

#### 2. 考核知识点与考核要求

识记: 几何不变体系, 几何可变体系的概念; 常变体系, 瞬变体系的概念; 可用作建筑结构的体系; 体系机动分析中自由度的概念; 刚片的概念; 约束的概念; 复铰的概念; 把复铰折算成单铰的算式; 无多余约束几何不变体系的概念及其组成规则; 三刚片以三个铰两两相连构成几何不变体系的条件; 二刚片以一铰及一链杆相联构成几何不变体系的条件; 二元体的概念。

领会: 点及刚片的自由度; 链杆, 单铰的约束作用; 虚铰的概念与其约束作用; 静定结构的静力特性与几何特性; 超静定结构的静力特性与几何特性。

简单应用: 体系的几何组成分析。

#### 3. 基本内容学习指导

(1) 几何组成分析的目的在于:

a. 判别某一体系是否几何不变, 从而决定其能否作为结构。

b. 在结构计算时, 根据体系的几何组成, 判定所计算的结构是静定的, 还是超静定的。以便选取相应的计算方法。

c. 通过几何组成分析, 弄清所计算的结构各部分之间在几何组成上的相互关系, 便于选择简单合理的计算顺序。

(2) 几何不变体系与几何可变体系。

不考虑材料应变条件下, 几何形状固定不变的刚片体系称为几何不变体系, 几何形状可以改变的刚片体系称为几何可变体系。能发生微小刚体位移, 并产生很大内力的体系, 称为瞬变体系。

组成几何不变体系的条件:

a. 具有必要的约束数量。

b. 约束布置方式要合理。

(3) 自由度、约束 确定体系位置所需要的独立坐标数目, 称为自由度。能减少体系自由的装置, 称为约束。

平面内一个点具有二个自由度, 一个刚片具有三个自由度。

连接两个刚片的一根链杆相当于一个约束; 一个单铰相当于两个约束; 连接几个刚片的复铰, 它就相当于  $n-1$  个单铰或  $2(n-1)$  个约束。

(4) 无多余约束的平面几何不变体系的基本组成规律。

规律 1. 一个刚片与一个点用两根链杆相连, 且三铰不在一直线上, 则组成无多余约束的几何不变体系。

规律 2. 两个刚片用三个铰和一根链杆相连, 且三个铰不在一直线上, 则组成无多余约束的几何不变体系, 或两个刚片用三根链杆相连, 且三链杆不交于同一点, 则组成无多余约束的几何不变体系。

规律 3. 三个刚片用三个铰两两相连, 且三个铰不在一直线上, 则组成无多余约束的几何不变体系。

上述规律是分析体系构件与约束之间构造关系的, 虽然规律有几条, 实际上其本质是相同的, 即“三角形”规律。但这种三角形往往是以“虚”的形式出现, 因为存在虚铰, 因此我们在分析时要全力以赴去发现这种三角形。另外, 这些规律对不是以三角形规律所组成的体系是不适用的。

(5)运用规则作机动分析应注意的问题。

①不能出现瞬变体系。

②正确判断两杆结点。只有当拆除两杆结点后,余下的体系其自由度不变的才是两杆结点,否则不是两杆结点。

③分清基本部分和附属部分。

④有些复杂的体系,虽然不满足以上规则,但仍能组成几何不变体系。

(6)解题要点:

①当体系上具有明显的二元体时,可先依次去掉其上的二元体,再对剩下的体系进行分析。

②当上部体系用三根支承链杆按规律一联接于基础时,可拆除这些支承链杆,只就上部体系本身进行分析。当体系中支承链杆多于三根时,则必须把基础视为一刚片,就整个体系进行机动分析。

③尽可能扩大刚片的范围,以便利用组成规则进行分析。

④把某些只具有两个铰的刚片视为通过两铰心的链杆。

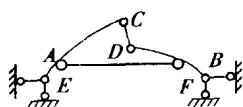
(7)静定,超静定结构的静力特性和几何特性。

静定结构的几何特性是无多余约束的几何不变体系;静力特性是在任意荷载作用下,支座反力和所有内力均可由平衡条件求出,且其值是唯一的和有限的。

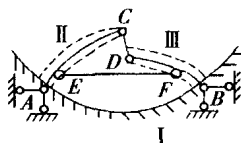
超静定结构的几何特性是有多余约束的几何不变体系;静力特性是仅由平衡条件不能求出其全部内力及支座反力。

## 例 题

1. 试对图 2-1(a)所示体系作几何组成分析。



(a)

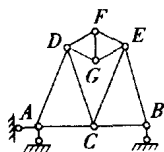


(b)

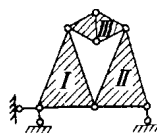
图 2-1

解:此体系属于刚片体系,且与基础相连,整个体系有四根支承链杆,必须把基础视为一刚片(设为 I)。曲杆 AEC 和 BFD 上各有三个连接点,一般不宜当作链杆而应当分别看作为刚片(设为 II、III 如图 2-1b)。刚片 II 和刚片 III 之间有链杆 CD 和 EF 相连(相当于一个虚铰),连接刚片 I、II、III 的三个铰不在一直线上,符合组成规律三,故为无多余约束的几何不变体系。

2. 试对图 2-2(a)所示体系进行几何组成分析。



(a)



(b)

图 2-2

解:整个体系只有三根不相互平行也不交于一点的支承链杆与大地相连,故可取体系的上部结构进行分析。由图可见刚片 ADC、CBE 和 DGEF(设为刚片 I、II、III)由不共线的三个铰 C、E、D 相连,组成一个无多余约束的几何不变体系,因此,整个体系为无多余约束的几何不变体系。

3. 分析图 2-3(a)(b)所示体系的几何组成。

解:(a) AB 与基础用一固定支座 A 相连,因此,AB 与基础可以看作 I 刚片,则刚片 I, BC 和 CD 通过三铰 B、C、D 相连由于 B、C、D 在一条直线上,故整个体系为瞬变体系。

(b)刚片间连接同(a)分析,由于 B、C、D 三铰不在一条直线上,故该体系为无多余约束的几何不变体系。

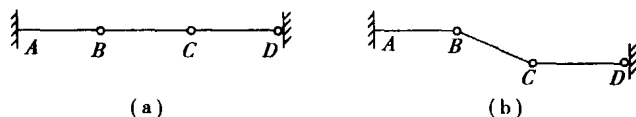


图 2-3

4. 试对图 2-4(a)所示体系进行几何构造分析。

解:图(a)可用图(b)表示,这两种支座的表示方法,是等效的。下面用两种方法来进行分析。

分析方法一:利用二元体的概念(二元体是指由两根不在同一直线上的链杆连结成一个新结点的装置;在一个体系上依次增加或去掉二元体不会改变原体系的自由度数,也不会影响原体系的几何构造性质),我们可以按与构成体系相反的次序逐个去掉结点  $F$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $C$ ,结果只剩下大地一个刚片,故原体系为无多余约束的几何不变体系。

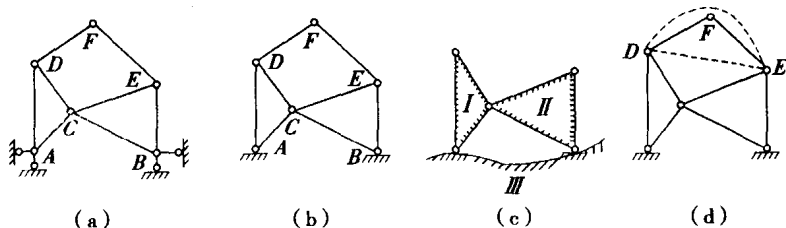


图 2-4

分析方法二:因为体系中支承链杆为四根,必须把基础视为一刚片,就整个体系进行机动分析。设  $\triangle ACD$  刚片 I,  $\triangle BCE$  为刚片 II,大地为刚片 III,则刚片 I、II、III 通过不在一直线上的三个铰(A、B 和 C)相连构成几何不变部分如图 2-4(c)所示,可将其视为一个大刚片,在此大刚片上增加一个二元体形成一个新结点 F 如图 2-4(d)所示。在整个分析过程中没有出现多余约束,故原体系是几何不变且无多余约束的体系。

5. 试对图 2-5(a)所示体系进行几何构造分析。

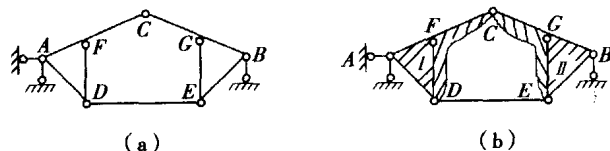


图 2-5

解:整个体系只有三根支承链杆(不相互平行也不交于一点)与大地相连,因此,体系是否可变仅取决于图 2-5(b)所示体系本身(或称体系内部)是否可变。由图可见左边三个刚片  $AC$ 、 $AD$ 、 $DF$  由不共线的三个铰  $A$ 、 $D$ 、 $F$  相连,组成一个无多余约束的大刚片 I。同理,右边三个刚片  $BC$ 、 $BE$ 、 $EG$  组成一个大刚片 II。大刚片 I 与 II 之间由不共线的铰  $C$  和链杆  $DE$  相连,组成一个无多余约束的几何不变体系。因此,整个体系为无多余约束的几何不变体系。

6. 试对图 2-6(a)所示体系进行几何构造分析。

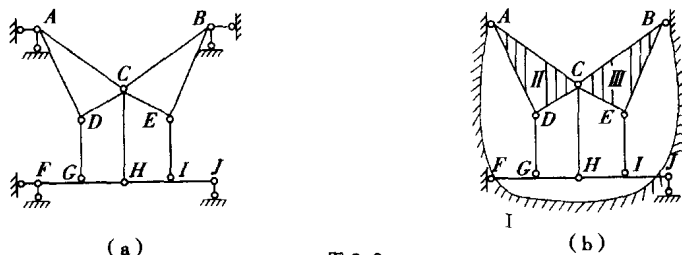
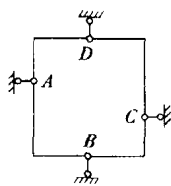


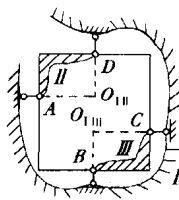
图 2-6

解:(a)图等效于(b)图。整个体系与大地相连的支承链杆有七根,故必须把基础视为一刚片,设为刚片 I。则刚片 I 和刚片 II ( $\triangle ADC$ ) 以及刚片 III ( $\triangle BCE$ ) 通过不在一直线上的三个铰  $A$ 、 $B$ 、 $C$  相连构成一个大刚片,这个大刚片与刚片  $HJ$  通过不交于同一点的三链杆  $CH$ 、 $FH$ 、 $JK$  组成几何不变体系。可见  $DG$ 、 $EI$  两根链杆是多余约束,所以该体系为具有两个多余约束的几何不变体系如图 2-6(b)。

7. 试对 2-7(a)所示体系作几何组成分析。



(a)



(b)

图 2-7

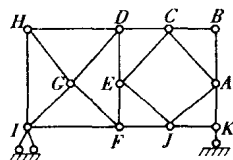
解:因为此体系与大地相连的支承链杆有四根,故必须把基础视为一刚片,设为刚片 I。则刚片 I 和刚片 II (曲杆 AD) 以及刚片 III (曲杆 BC) 通过不在同一直线上的三铰  $O_{I,II}$ 、 $O_{I,III}$  和  $O_{II,III}$  (在无穷远处) 相连组成无多余约束的几何不变体系如图(b)。

△注意

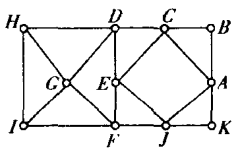
(1) 联接两个刚片的两根链杆, 可以看作在其交点处的一个单铰, 称作虚铰; 两根链杆平行时可看作无限远处的虚铰。

(2) 复杂形状曲杆、折线链杆可用直杆代替。

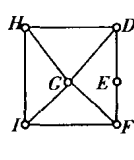
8. 试对 2-8(a) 所示体系进行几何构造分析。



(a)



(b)

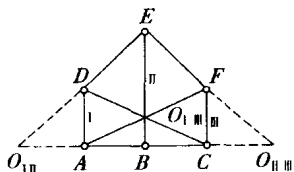


(c)

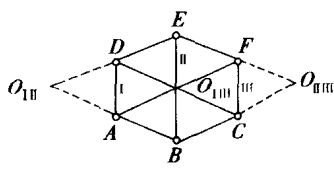
图 2-8

解:整个体系只有三根支承链杆,且三根链杆不交于同一点,故可取体系的上部进行分析如图 2-8(b)。先依次去掉  $C-B-A$ 、 $A-K-H$ 、 $C-A-J$ 、 $D-C-E$  和  $E-J-F$  等五个二元体,然后对剩下的部分  $HDEFI$  进行分析如图 2-8(c),刚片  $HGI$  与二元体  $H-D-G$  和  $G-F-I$  构成刚片 I,则刚片 I 与刚片  $DE$ 、 $EF$  是通过在一条直线上的三铰  $D$ 、 $E$ 、 $F$  相连构成瞬变体系。因此,整个体系是瞬变体系。

9. 分析图 2-9 所示体系的几何构造。



(a)



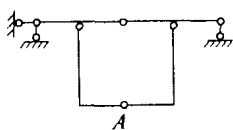
(b)

图 2-9

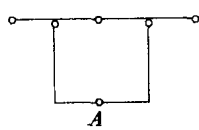
解:(1) 分析图 2-9(a) 中的体系。把刚片 I、II、III 看作对象, I 与 II 之间由链杆  $AB$  和  $DE$  连接, 相当于一个虚铰在  $O_{I,II}$  点。同理, II 与 III 之间由虚铰  $O_{II,III}$  相连, I 与 III 之间由虚铰  $O_{I,III}$  相连, 由于三个虚铰不在同一条直线上, 因此, 体系内部为无多余约束的几何不变体系。

(2) 分析图 2-9(b) 中的体系。把刚片 I、II、III 看作对象, 可采用(1)中同样方法进行分析。但由于三虚铰  $O_{I,II}$ 、 $O_{I,III}$  和  $O_{II,III}$  在同一条直线上, 因此, 体系内部是瞬变体系。

10. 试对图 2-10(a) 所示体系进行几何组成分析。



(a)



(b)

图 2-10

解:体系有不相互平行也不交于一点的三根支承链杆与大地相连, 因此体系是否可变仅取决于图 2-

10(b)所示体系内部是否可变。结点 A 可视为二杆结点,去掉它后可见缺一支杆,故原体系为可变体系。

11. 试对图 1-11(a)所示体系进行几何构造分析。

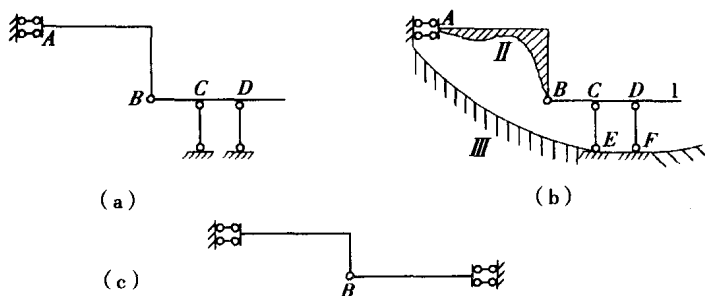


图 2-11

解:体系是三个刚片相连的问题,它的几何构造分析如图 2-11(b)所示,刚片 I 与刚片 II 由铰 B 相连,刚片 I 与刚片 III 由两根平行的链杆 CE 和 DF 相连,虚铰  $O_{I\text{III}}$  位于竖向无穷远处。刚片 II 与刚片 III 由支座 A 处的两根平行链杆相连,虚铰  $O_{II\text{III}}$  位于水平方向无穷远处。这里出现了两个无穷远处的虚铰问题。我们可以这样来分析:铰 B 与其中一个无穷远虚铰,如  $O_{I\text{III}}$  在一竖线上,而另一无穷远铰  $O_{II\text{III}}$  不会在该直线上,故体系属几何不变体系。

若两个无穷远虚铰位于同一方向时如图 1-11(c),即四个支座链杆相互平行,则体系为瞬变体系。

12. 试对图 2-12(a)所示体系进行几何构造分析。

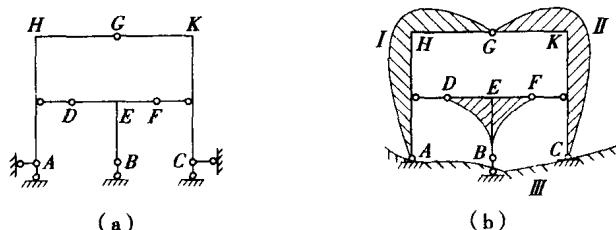


图 2-12

解:图 2-12(a)等效于图 2-12(b)。因为体系有五根支承链杆与大地相连,因此必须把大地作为一个刚片,设为 III。杆件 AHG、CKG 和 DEFB 只能作为刚片分析。由图 1-12(b)可知,刚片 I (AHG),刚片 II (CKG) 和刚片 III 由不在同一条直线上的三个铰 A、C 和 G 相连构成几何不变部分。它再与中间的刚片 DEFB 通过三根相交于一点 E 的链杆相连,形成瞬变部分,虽然此体系只是局部瞬变,但我们仍称整个体系是瞬变体系。

13. 试对图 2-13(a)所示体系作几何组成分析。

解:整个体系只有三根链杆与大地相连,三根链杆不相互平行也不相交于一点,因此整个体系是否可变仅取决于图 2-13(b)所示体系内部是否可变。由于梁 AB 是刚片,可向刚片上加双杆系 OC 和 OD,形成新的刚片和如图 2-13(c)所示,显然可知该体系具有两个多余链杆。因此整个体系是具有两个多余约束的几何不变体系。

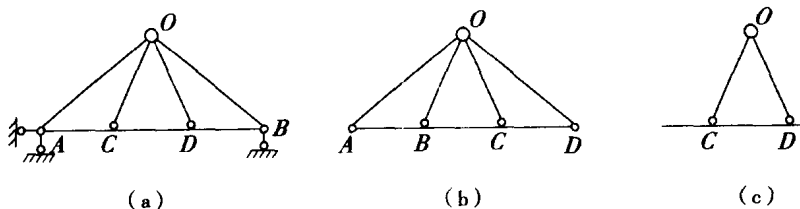


图 2-13

14. 试对图 2-14(a)所示体系作几何组成分析。

解:体系分析过程如图 2-14(b)所示。用等效代换的方式,在不改变与刚片 I 和刚片 II 的联系的情况下,将图 2-14(a)中的 CEBG 刚片代换为 LBG 三角形,因此,刚片 I (AFCD),刚片 II (HG) 和刚片 III (大地)通过不在同一条直线上的三铰  $O_{I\text{III}}$ 、 $O_{I\text{II}}$  和  $O_{II\text{III}}$  相连构成几何不变体系,因此整个体系为无多余

约束的几何不变体系。

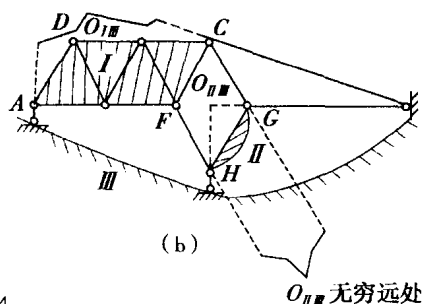
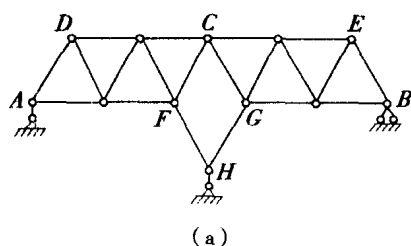


图 2-14

15. 试对图 2-15(a)所示体系进行几何构造分析。

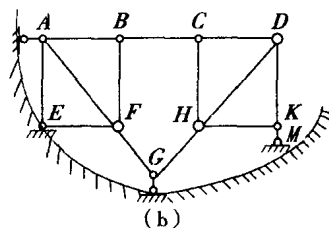
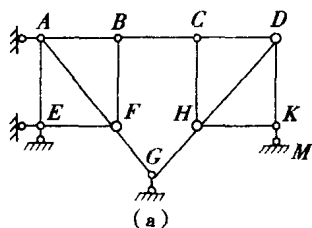


图 2-15

解:图 2-15(a)与(b)是等效的,由于体系有五根支承链杆与大地相连,必须把大地视为刚片,则大地与刚片 ABEFG 构成一个大刚片,设为刚片 I。刚片 I 与刚片 II (CDHK)通过相交于一点 D 的三链杆 (BC、GH 和 KM)相连,构成瞬变体系。因此,整个体系为瞬变体系。

通过以上例题分析过程可见,几何构造的规律很简单,归根到底是一个三角形规律,而在具体应用时非常灵活。总结几点如下:

- |          |   |           |   |              |
|----------|---|-----------|---|--------------|
| (1) 杆件体系 | { | 几何不变体系    | { | 无多余约束——静定结构  |
|          |   | (形状、位置不变) |   | 有多余约束——超静定结构 |
|          |   | 几何可变体系    |   | 常变体系         |
|          |   | (形状位置可变)  |   | 瞬变体系         |

(2) 在几何组成分析中,简单链杆和简单铰结点不能重复使用,复杂铰结点和复杂链杆可以重复利用,但重复利用的次数不能超过其相当的简单铰结点数和简单链杆数。

(3) 瞬变体系:①两刚片之间用三根相互平行但不等长的链杆相连。②两刚片之间用杆轴延长线交于一点的三根链杆相连。③三刚片用位于同一条直线上的三个铰两两相连。

瞬变体系的静力特征是反力和内力为无限大或不定值。

## 综合练习

### 一、填空题

1. 一个刚片在其平面内具有\_\_\_\_\_个自由度;一个点在其平面内具有\_\_\_\_\_个自由度;平面内一根链杆自由运动时具有\_\_\_\_\_个自由度。
2. 超静定结构的静力特性是\_\_\_\_\_。
3. 对体系进行几何组成分析时,不考虑杆件\_\_\_\_\_而只研究体系的\_\_\_\_\_。
4. 如果在一个体系中增加一个约束,而体系的自由度并不因此而减少,则此约束为\_\_\_\_\_。
5. 几何构造分析的目的有三种:其一是检查所给体系\_\_\_\_\_特性;其二是根据几何构造的次序寻求\_\_\_\_\_分析的途径;其三是确定超静定\_\_\_\_\_。
6. 静定结构在几何特性上是\_\_\_\_\_,在静力特性上能够用静力平衡条件确定全部\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
7. 约束是指\_\_\_\_\_装置,它可分为\_\_\_\_\_约束和\_\_\_\_\_约束两种。
8. \_\_\_\_\_体系与\_\_\_\_\_体系系统称为可变体系,均不能用作建筑结构。
9. 虚铰是指\_\_\_\_\_,在运动过程中虚铰的位置要\_\_\_\_\_。而当研究指定位置处的运动时,

虚铰和实铰所起的作用\_\_\_\_\_,都是相对转心。

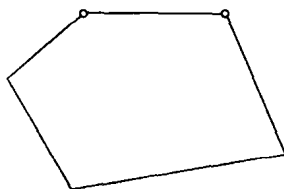
10. 二元体是指\_\_\_\_\_的装置,任何体系上加上(或拆去)二元体时体系的机动性质\_\_\_\_\_。

11. 图示各简图分别为有几个多余约束的刚片?

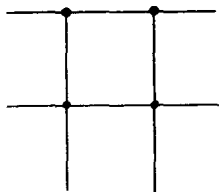
- (a) \_\_\_\_\_个多余约束      (b) \_\_\_\_\_个多余约束。  
(c) \_\_\_\_\_个多余约束      (d) \_\_\_\_\_个多余约束。



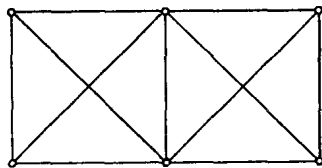
(a)



(b)



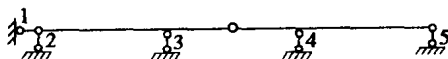
(c)



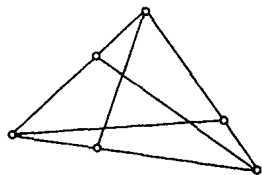
(d)

题 1-11 图

12. 图示体系为了受力要求一共设置了五个支座链杆,由分析可知,该体系为有\_\_\_\_\_个多余约束的几何\_\_\_\_\_体系,其中第\_\_\_\_\_个链杆是必要约束,不能由其它约束来代替。



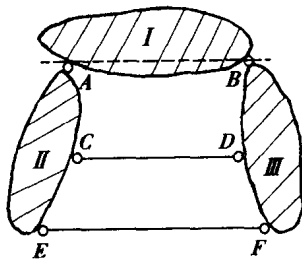
题 1-12 图



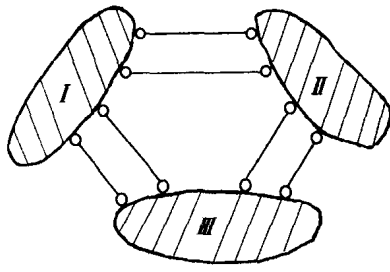
题 1-13 图

13. 图示体系属于几何\_\_\_\_\_体系且\_\_\_\_\_多余约束。

14. 图示体系中一个虚铰在无穷远,铰  $A$ 、 $B$  的连线与构成无限远虚铰的两链杆  $CD$ 、 $EF$  平行且  $CD$ 、 $EF$  不等长,则体系为\_\_\_\_\_。



题 1-14 图



题 1-15 图

15. 图示体系中三个刚片由六根链杆相连,这六根链杆形成在无穷远处的三个虚铰,故整个体系为\_\_\_\_\_。

16. 利用基本组成规律分析图示体系可知,该体系为\_\_\_\_\_。

17. 图示体系两组链杆平行且等长,形成两个无穷远虚铰,则该体系为\_\_\_\_\_。