

# 结构力学（研究生）

## 考试指导

于玲玲  
阮澍铭

编著

# 结构力学



JIEGOU LI XUE YANJIUSHENG  
KAOSHI ZHIDAO

中国建材工业出版社

# 结构力学（研究生）考试指导

阮澍铭 于玲玲 编著

中国建材工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

结构力学 (研究生) 考试指导/阮澍铭, 于玲玲编著.  
北京: 中国建材工业出版社, 2003.6  
ISBN 7-80159-444-4

I. 结... II. ①阮...②于... III. 结构力学—研究生—入学考试—自学参考资料 IV. 0342

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 040929 号

## 内 容 提 要

本书依据高等学校土建类结构力学教材及多学时结构力学大纲, 以编者多年从事结构力学的教学实践为基础、在近几年为烟台大学土木工程专业报考研究生的学生开设的选修课讲义的基础上编写的。全书共 11 章, 内容包括平面体系的几何组成分析、静定结构的内力计算、影响线、静定结构的位移计算、力法、位移法、渐进法、矩阵位移法、结构的动力计算、结构的极限荷载及结构的稳定计算。每章都对所涉及的基本概念、基本原理和分析计算方法进行了归纳总结, 对重点、难点内容作了更为深入的阐述。每章都提供典型例题剖析及近几年全国 20 多所大学 (同济大学、上海交通大学、哈尔滨工业大学、天津大学、浙江大学、华南理工大学、华中理工大学、东南大学、河海大学、北京航空航天大学、北方交通大学、北京工业大学、广西大学、西安交通大学、西南交通大学、东北大学等) 考结构工程专业硕士研究生的试题, 题型包括是非判断、填空、选择、分析计算等, 逐题给出较为详细的分析解答, 并说明分析要点、解题思路、方法和技巧以及容易出错之处。

本书可作为报考土木工程专业研究生的学生开设的选修课教材, 也可作为土建类专业本、专科学生、函授、电视大学、自考、业余大学学生的自学、复习考试参考辅导用书以及注册结构工程师资格考试的复习参考书。

## 结构力学 (研究生) 考试指导

阮澍铭 于玲玲 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 11 号

邮 编: 100831

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张: 20.5

字 数: 486 千字

版 次: 2003 年 6 月第一版

印 次: 2003 年 6 月第一次

印 数: 1~3000 册

书 号: ISBN 7-80159-444-4/TU·213

定 价: 36.00 元

---

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 68345931

## 前 言

结构力学是土木水利等专业的重要专业技术基础课，常被称为结构工程师的看家本领。掌握结构力学的基本概念、基本原理和分析计算方法对学习后续专业课及解决工程实际问题十分重要。而且，结构力学是报考结构工程专业研究生及注册结构工程师资格考试的必考课程。

为了帮助学生深入理解结构力学的基本概念、基本原理，了解课程内容之间的内在联系，能够融会贯通，明确解题思路，提高分析与解算问题的能力，更是为了每位应试者提高结构力学的复习效率，能在短时间内掌握重点、难点内容，抓住要点，提纲挈领，取得理想的考试成绩，我们编写了本书。其中有些内容是作者在多年教学工作中的经验总结和自己的见解。本书的初稿曾在2000年、2001年和2002年为报考研究生的学生开设《综合提高结构力学》选修课中使用过，效果不错，考研学生的成绩多数在90分左右，一位考取浙江大学研究生的学生《结构力学》成绩为97分，为该校《结构力学》成绩的最高分。本书就是在修订初稿的基础上写成的。

全书分为平面体系的几何组成分析、静定结构的内力计算、影响线、静定结构的位移计算、力法、位移法、渐进法、矩阵位移法、结构的动力计算、结构的极限荷载及结构的稳定计算等十一个章节。每章都对所涉及的基本概念、基本原理和分析计算方法进行了归纳总结，对重点、难点内容，通过剖析典型例题，给出了比教材更为详尽而深入的阐述和讨论。全书给出174道概念题，236道计算题，绝大多数是近几年全国20多所大学（同济大学、上海交通大学、哈尔滨工业大学、天津大学、浙江大学、华南理工大学、华中理工大学、东南大学、河海大学、北京航空航天大学、北方交通大学、北京工业大学、广西大学、西安交通大学、西南交通大学、东北大学等）考结构工程专业硕士研究生的结构力学试题，具有较强的灵活性、综合性和典型性，同时逐题给出较为详细的分析解答，对典型试题，还给出了多种解答，并说明分析要点、解题思路、方法和技巧以及容易出错之处，有利于读者对结构力学的学习、复习取得事半功倍、熟能生巧、见多识广的效果。

本书广泛吸收了优秀的《结构力学》教材和教学辅导书的精华，引用了部分观点、例题和习题，在此谨向文献的作者致以由衷的谢意。

由于作者的水平有限，书中可能存在不妥和疏漏，恳请读者批评指正。

编著者

# 目 录

第一章 结构的几何构造分析	1
一、基本概念	1
二、平面几何不变体系的组成规律及灵活运用	4
三、平面杆件体系的计算自由度 $W$	5
四、对体系做几何构造分析的其他方法	6
五、题型分析	7
(一) 概念题	7
(二) 基本规律的应用	7
(三) 几何构造分析的其他方法	13
第二章 静定结构的受力分析	14
第一节 静定多跨连续梁和刚架	17
一、基本概念	17
二、内力图的特点	17
三、解题技巧	21
四、题型分析	24
(一) 概念题	24
(二) 斜梁的计算	26
(三) 根据基本概念和内力图的特点作内力图	31
(四) 对称性的利用	37
第二节 静定平面桁架	38
一、桁架的内力计算中采用的假定	38
二、桁架的分类	39
三、桁架的内力计算方法	39
四、桁架内力计算的技巧	43
五、题型分析	43
(一) 零杆的应用	43
(二) 结点法与截面法	46
(三) 对称性的利用	49
(四) 代替杆法与通路法	51
第三节 组合结构	52
一、基本知识	52
二、题型分析	52
第四节 三铰拱	56
一、拱的受力特点	56
二、三铰拱的计算公式	56
三、拱的合理轴线	57

四、题型分析 .....	57
第三章 静定结构的影响线 .....	62
一、基本概念 .....	62
二、绘制影响线的方法 .....	62
三、影响线的应用 .....	64
四、题型分析 .....	66
(一) 概念题 .....	66
(二) 求作影响线 .....	68
(三) 影响线的应用 .....	83
第四章 静定结构的位移计算 .....	89
一、虚功原理 .....	89
二、各种情况下位移的计算 .....	91
三、图乘法公式及其应用条件 .....	95
四、互等定理 .....	96
五、题型分析 .....	97
(一) 概念题 .....	97
(二) 荷载作用下的位移计算及图乘法 .....	98
(三) 支座位移、温度变化及有制造误差时的位移计算 .....	104
(四) 具有弹性支撑或弹性约束的结构的位移计算 .....	108
第五章 力法 .....	114
一、超静定结构总论 .....	114
二、力法的计算方法 .....	115
三、对称性的利用 .....	120
四、几个有用的结论 .....	125
五、用力法计算超静定结构的位移 .....	127
六、超静定结构的校核 .....	128
七、题型分析 .....	128
(一) 基本概念 .....	128
(二) 一般计算题 .....	131
(三) 对称性的利用 .....	135
(四) 弹性支撑超静定结构的计算 .....	151
(五) 支座发生位移和温度变化时超静定结构的计算 .....	156
(六) 用力法求超静定结构的位移 .....	160
(七) 超静定结构的校核 .....	162
第六章 位移法 .....	164
一、位移法的基本思路 .....	164
二、位移法的基本未知量 .....	165
三、位移法方程及解题步骤 .....	166

四、简化计算方法 .....	167
五、支座位移和温度改变时的计算 .....	168
六、几个值得注意的问题 .....	168
七、力法与位移法的比较 .....	175
八、题型分析 .....	175
(一) 基本概念与计算方法 .....	175
(二) 对称性的利用 .....	193
(三) 弹性支撑超静定结构 .....	200
(四) 支座位移和温度改变时的计算 .....	202
(五) 用位移法求超静定结构的位移 .....	204
<b>第七章 渐近法及超静定力的影响线 .....</b>	<b>206</b>
一、基本概念 .....	206
二、力矩分配法的基本思路 .....	209
三、力矩分配法与位移法的比较 .....	211
四、无剪力分配法 .....	212
五、超静定力的影响线 .....	212
六、题型分析 .....	212
(一) 概念题 .....	212
(二) 力矩分配法的计算 .....	215
(三) 无剪力分配法的计算 .....	221
(四) 超静定力的影响线 .....	222
<b>第八章 矩阵位移法 .....</b>	<b>224</b>
一、基本概念 .....	224
二、计算公式 .....	227
三、矩形刚架忽略轴向变形时形成整体刚度矩阵的简便方法 .....	230
四、题型分析 .....	233
(一) 基本概念 .....	233
(二) 计算题 .....	235
<b>第九章 结构的动力计算 .....</b>	<b>247</b>
一、弹性体系的自由度 .....	247
二、单自由度体系的自由振动 .....	247
三、单自由度体系的强迫振动 .....	248
四、阻尼对振动影响 .....	249
五、多自由度体系的自由振动 .....	250
六、多自由度体系的强迫振动 .....	251
七、主振型的正交性 .....	252
八、能量法计算自振频率 .....	252
九、对称性的利用 .....	253

十、题型分析 .....	253
(一) 基本概念 .....	253
(二) 单自由度体系的计算 .....	257
(三) 多自由度体系的计算 .....	269
(四) 对称性的利用 .....	279
<b>第十章 结构的极限荷载</b> .....	<b>283</b>
一、基本概念 .....	283
二、基本理论 .....	285
三、分析方法 .....	285
四、注意点 .....	286
五、题型分析 .....	286
(一) 概念题 .....	286
(二) 计算题 .....	287
<b>第十一章 结构的稳定计算</b> .....	<b>300</b>
一、基本概念 .....	300
二、确定临界荷载的方法 .....	301
三、题型分析 .....	303
(一) 概念题 .....	303
(二) 计算题 .....	306



# 第一章 结构的几何构造分析

## 一、基本概念

### 1. 几何不变体系、几何可变体系、常变体系、瞬变体系的概念及其相互关系

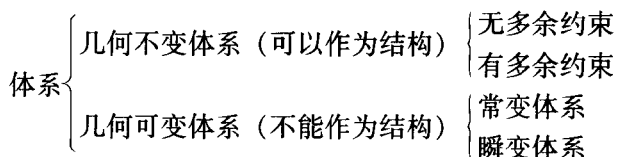
几何不变体系——在不考虑材料应变的条件下，几何形状和位置保持不变的体系。几何不变体系可分为无多余约束的几何不变体系（静定结构）和有多余约束的几何不变体系（超静定结构）。

几何可变体系——在不考虑材料应变的条件下，几何形状和位置可以改变的体系，包括常变体系和瞬变体系。

常变体系——如果一个几何可变体系可以发生大位移，则称为几何常变体系。

瞬变体系——本来是几何可变，经微小位移后又成为几何不变的体系，称为瞬变体系。其特点是：（1）不缺少必要的约束数，但约束的布置不合理，当发生微小位移后，约束的布置变得合理，就成为几何不变体系；（2）在发生微小位移之前，体系具有自由度，因此瞬变体系至少有一个多余约束。

相互关系：



例 1-1 分析图 1-1a、图 1-2a 所示体系的几何构造。

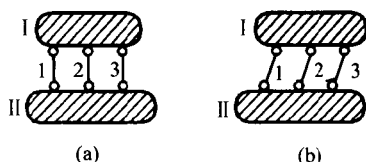


图 1-1

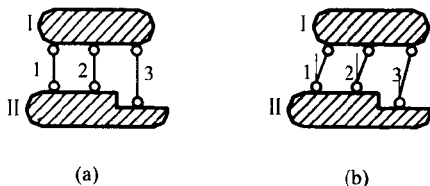


图 1-2

解：图 1-1a 和图 1-2a 中刚片 I 和刚片 II 之间均由三根平行链杆相连，三链杆交于

无穷远处，根据两刚片规则，该体系是几何可变体系。又因为图 1-1a 中当体系发生位移后三链杆始终保持平行（图 1-1b），因此体系是几何常变体系；而图 1-2a 中由于三链杆长度不同，体系发生微小位移后不再保持平行，也不交于一点，成为几何不变体系（图 1-2b），因此原体系是几何瞬变体系。

## 2. 瞬铰（或虚铰）

### (1) 瞬铰的概念

用两根链杆连接两个刚片时，这两根链杆的约束作用相当于一个单铰，该铰的位置在两杆的交点，我们称这种铰为瞬铰（或虚铰）。两根平行链杆所起的约束作用相当于无穷远处的瞬铰。

注意：两根链杆只有同时连接两个相同的刚片，才能看成瞬铰。

例 1-2 判断：图 1-3a、b 中的铰 O 都是瞬铰。

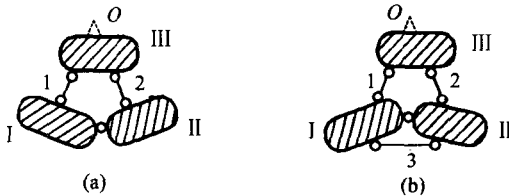


图 1-3

解：错误。图 a 中的铰 O 不是瞬铰，而图 b 中的铰 O 是瞬铰。

因为图 a 中的链杆 1 连接刚片 I 和 III，而链杆 2 连接刚片 II 和 III，即两个链杆连接的不是相同的两个刚片，因此铰 O 不是瞬铰。

而图 b 中刚片 I、II 和链杆 3 组成一更大的刚片 IV，即杆 1 和 2 连接的都是刚片 III 和 IV，因此铰 O 是瞬铰。

### (2) 无穷远处的瞬铰

体系中如有无穷远的瞬铰，在几何组成分析时，可采用影射几何中关于无穷点和无穷线的结论：

1) 每个方向都有且只有一个无穷远点（即该方向各平行线的交点），不同方向有不同的无穷远点；

2) 各方向的无穷远点都在一条广义直线上；

3) 有限点都不在无穷线上。

例 1-3 试利用无穷远瞬铰的概念，分析图 1-4a~b 所示各体系的几何构造。

解：(1) 图 a

由于图中刚片 I、II、III 分别由不同方向的无穷远处的瞬铰 A、B、C 相连，根据前述结论 (2) 可得，A、B、C 三点都在一条无穷远的直线上，三点共线，故该体系为几

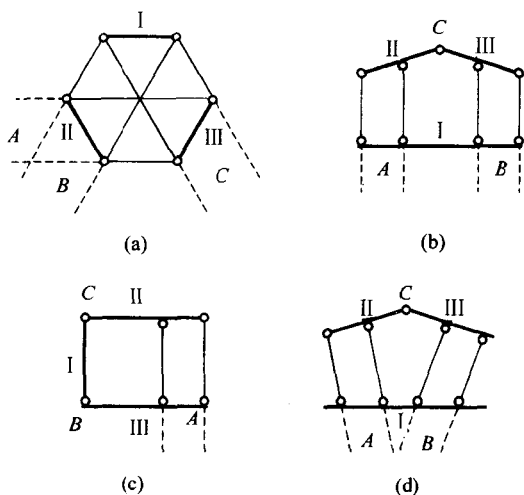


图 1-4

何瞬变体系。

(2) 图 b

由于图中刚片 I、II 和 I、III 分别由无穷远处的瞬铰 A、B 相连，由于点 A 和点 B 为同方向的无穷远点，根据结论 (1)，两点其实是一点，因此该点与连接刚片 II、III 的铰 C 共线，三点共线，所以该体系为几何瞬变体系。

(3) 图 c

图中所示显然为几何常变体系。

(4) 图 d

图中刚片 I、II、III 分别由铰 C 和无穷远处的瞬铰 A、B 相连，由于 A、B 不同方向，所以其连线是一条无穷线，而点 C 是有限点，根据结论 (3) 可知，三铰不共线，体系为无多余约束的几何不变体系。

### 3. 二元体

二元体是指由两根不在同一直线上的链杆连接一个新结点的装置，如图 1-5 各图中的 A、B、C。其特点是在原体系上增加或去掉一个二元体，不改变原体系的自由度数目，也不会改变原体系的几何构造特性。

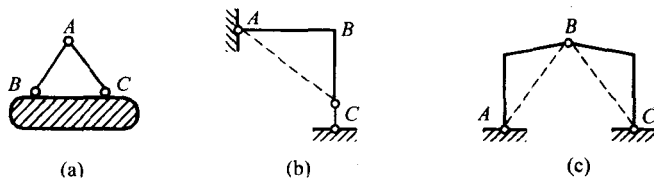


图 1-5

注意：去掉二元体是体系的拆除过程，应从体系的外边缘开始进行，而增加二元体是体系的组装过程，应从一个基本刚片开始。

## 二、平面几何不变体系的组成规律及灵活运用

### 1. 基本规律

规律 1：一个刚片与一点用两根链杆相连，且两链杆不共线，则组成几何不变体系，且无多余约束。

规律 2：两个刚片用一铰和一链杆相连，且三铰不共线，则组成几何不变体系，且无多余约束。

规律 3：三个刚片用三个铰两两相连，且三个铰不共线，则组成几何不变体系，且无多余约束。

规律 4：两个刚片用三根链杆相连，且三链杆不共点，则组成几何不变体系，且无多余约束。

### 2. 灵活运用

(1) 对能用二元体分析的结构，有时可以从一个基本刚片（如基础或三角形）出发，依次增加二元体，形成扩大的刚片，再选择适当的规律分析；有时也可以先去掉二元体，使原体系简化，再用其他规律分析。

(2) 若某体系用不交于一点的三根链杆与基础相连，则可以只分析该体系本身，但当体系与基础之间的链杆多于三根时，就需要把基础也看成刚片分析。

(3) 基本规律中提到的“铰”，可以是实铰，也可以是瞬铰。

(4) 需要时链杆可以看成刚片，刚片也可以看成链杆，且一种形状的刚片可以看成另一种形状的刚片。

(5) 有的体系可以用任何一个规律分析出结果，而有的只能用某一个规律分析。三刚片规律是通用的规律。

(6) 通常选择刚片时可以将三角形或扩大的三角形看作一个刚片，但有时需要将组成三角形的三根杆件看成链杆分析。

注意：(1) 刚片必须是内部几何不变的部分，图 1-6 中把  $EFGD$  取作刚片是错误的，因为它是几何可变的，不能看作刚片；(2) 在得出结论时，不仅应写明体系的几何构造特性，还应写明有几个多余约束。

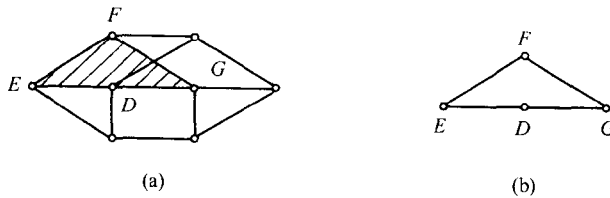


图 1-6

### 三、平面杆件体系的计算自由度 $W$

#### 1. 确定计算自由度的方法、注意事项及应用原则

(1) 取刚片为对象，结点和链杆为约束。

$$W = 3 \times \text{刚片总数} - (3 \times \text{单刚结点个数} + 2 \times \text{单铰结点个数} + \text{单链杆数})$$

(2) 取结点为对象，链杆为约束。

$$W = 2 \times \text{结点总数} - \text{单链杆个数}$$

(3) 混合法：取一部分刚片和结点作为对象，另一部分结点和杆件为约束。

$$W = (3 \times \text{取作对象的刚片数} + 2 \times \text{取作对象的结点数}) - (3 \times \text{看作约束的单刚结点个数} + 2 \times \text{看作约束的单铰结点数} + \text{看作约束的单链杆数})$$

注意：1) 在确定约束数时，应先把复约束化成单约束；2) 若刚片本身是闭合的，则还应减去其内部的多余约束。

上述三种计算方法的应用原则：1) 为减少计算量，选择刚片时应尽可能选择大刚片；2) 当体系为铰接链杆体系（完全由两端铰接的杆件组成的体系称为铰接链杆体系）时，用第二种方法比较简单，而含有组合结点的体系用第一种和第三种方法都可以。

例 1-4 计算图 1-7a、b 所示体系的计算自由度。

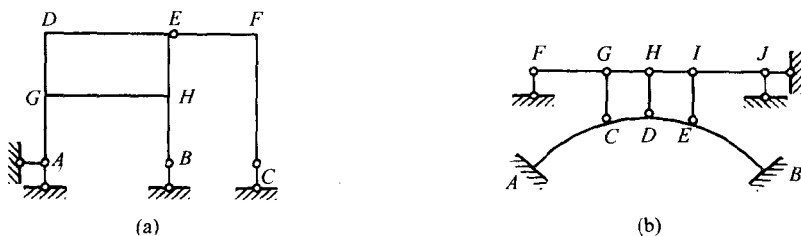


图 1-7

解：(1) 图 a，用第一种方法计算

根据尽可能选择大刚片的原则，选择由点  $AGDEHB$  包围的带闭合框的部分为一个刚片， $EFC$  为另一刚片，则刚片数等于 2，且第一个刚片的内部约束数是 3；结点  $E$  连接两个刚片，是单铰结点；最后还有 4 根单链杆。因此，

$$W = 3 \times 2 - 3 - 1 \times 2 - 4 = -3$$

(2) 图 b，用混合法计算

取  $ACDEB$  为刚片对象， $F、G、H、I、J$  为结点对象，是片  $ACDEB$  用两个固定支座与基础相连，约束数为 6；结构  $F、G、H、I、J$  用 10 根链杆分别连于基础和刚片，约束数为 10，因此，

$$W = 1 \times 3 + 2 \times 5 - 6 - 10 = -3$$

#### 2. 由计算自由度得出的结论

(1) 若  $W > 0$ ，则体系缺乏必要约束，是几何常变的；

(2) 若  $W=0$ ，则体系具有保证几何不变所需的最少约束数，此时若无多余约束则为几何不变，若有多余约束则为几何可变；

(3) 若  $W<0$ ，则体系具有多余约束。

$W \leq 0$  是保证体系为几何不变的必要条件，而非充分条件。

利用以上结论对结构作几何构造分析，是一种除三角形规律之外的辅助分析方法。

**例 1-5** 分析图 1-8 所示体系的几何构造。

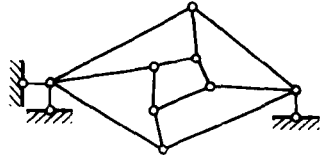


图 1-8

**解：**该体系的计算自由度  $W=2 \times 8 - 15 = 1 > 0$ ，根据结论—— $W > 0$  时，体系是几何常变体系，故该系是几何常变体系。

#### 四、对体系做几何构造分析的其他方法

##### 1. 计算自由度法

计算自由法详见例 1-5。

##### 2. 零载法

(1) 基本原理：对  $W=0$  的体系，如果是几何不变的，则当外荷载为零时，它的全部内力都为零；反之，如果是几何可变的，则当外荷载为零时，它的某些内力可以不为零。

(2) 用零载法判断体系几何性质的步骤：先假设某反力或内力为  $X \neq 0$ ，求解各杆的内力与  $X$  的关系，若能根据平衡条件求出  $X=0$ ，则体系是几何不变的，否则为几何可变。

(3) 零载法的适用条件：零载法只适用于  $W=0$  的体系，而且只能区别体系是可变与不变，不能区别常变与瞬变。

**例 1-6** 试用零载法检验图 1-9 所示桁架的几何不变性。

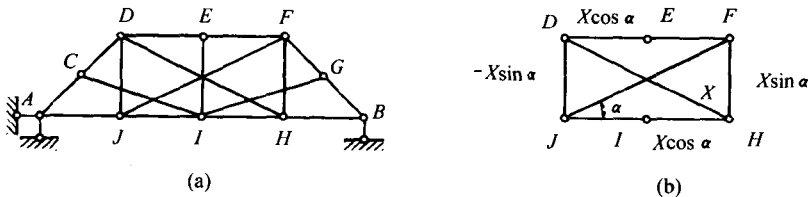


图 1-9

**解：**体系的计算自由度  $W=2 \times 10 - 20 = 0$ ，所以可以用零载法来检验。

易知，在零荷载下，支座反力为零，并可得出，杆  $EI$ 、 $CI$ 、 $IG$ 、 $AC$ 、 $CD$ 、 $AJ$ 、 $BG$ 、 $FG$ 、 $BH$  均为零杆，余下部分见图 b。

设  $N_{DH} = X$ ，由结点平衡可求出各杆轴力。无论  $X$  取何值，都能满足平衡方程，因此，该体系是几何可变体系。

## 五、题型分析

### (一) 概念题

**例 1-7** 当体系与基础用三个支杆相连，则体系肯定几何不变。(西南交大 1997)

**解：**错误。用规律 4，只有三个支杆不共点时，才是几何不变体系。

**例 1-8** 三个刚片用不在同一条直线上的三个虚铰两两相连，则组成的体系是无多余约束的几何不变体系。(北方交大 1999)

**解：**正确。规律 3，其中的“铰”，可以是实铰，也可以是瞬（虚）铰。

**例 1-9** 在任何情况下，在几何不变体系上去掉一个二元体，所余体系仍是几何不变的。

**解：**正确。

**例 1-10**  $W \leq 0$  是保证体系为几何不变的\_\_\_\_\_条件。

(A) 必要；(B) 充分；(C) 非必要；(D) 必要和充分。

**解：**答案 (A)。

### (二) 基本规律的应用

**例 1-11** 在图 1-10 所示体系中，去掉其中任意两根支座链杆后，所余下的部分是几何不变的。(东南大学 1996)

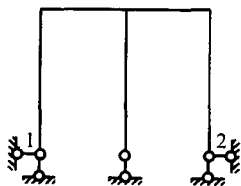


图 1-10

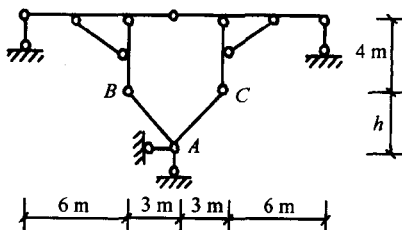


图 1-11

**解：**错误。如去掉 1 杆和 2 杆，则体系几何常变。

**例 1-12** 图示 1-11 体系 A 铰可在竖直线上移动以改变等长杆  $AB$ 、 $AC$  的长度，

而其余结点位置不变。当图示尺寸为哪种情况时，体系何不变。(西南交大 1999)

- (A)  $h \neq 2\text{ m}$ ; (B)  $h \neq 4\text{ m}$ ; (C)  $h \neq 4\text{ m}$  和  $h \neq \infty$ ; (D)  $h \neq 2\text{ m}$  和  $h \neq \infty$ 。

解：答案是 D。

例 1-13 图 1-12 所示体系的几何组成为\_\_\_\_\_。(西南交大 2000)

- (A) 几何不变，无多余联系；(B) 几何不变有多余联系；  
(C) 瞬变；(D) 常变。

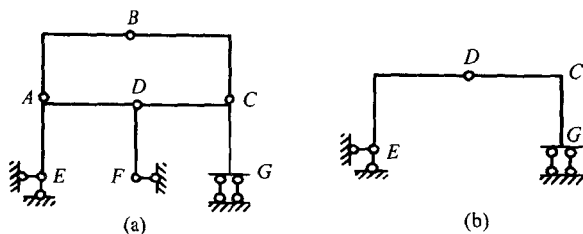


图 1-12

解：答案是 (A)。

先去掉二元体，体系变成图 b，再用规律 3 分析。

例 1-14 图 1-13 所示结构为：\_\_\_\_\_。(浙江大学 1998)

- (A) 几何不变体系，无多余约束；(B) 几何不变体系，有多余约束；  
(C) 几何可变体系；(D) 几何瞬变体系。

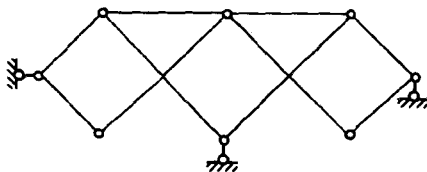


图 1-13

解：答案是 (C)。

提示：方法一：先去二元体；方法二：计算自由度大于零的体系是可变体系。

例 1-15 图 1-14 所示体系几何组成为：\_\_\_\_\_。(大连理工 2000)

- (A) 几何不变，无多余联系；(B) 几何不变，有多余联系；  
(C) 瞬变；(D) 常变。

解：答案是 (C)。

提示：把刚片 ABCD 看成刚片 I，EF 看成刚片 II，基础是刚片 III，根据三刚片规律。

例 1-16 图 1-15 所示体系是\_\_\_\_\_体系。(浙江大学 1999)



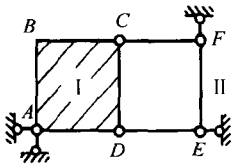


图 1-14

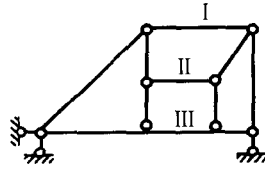


图 1-15

解：无多余约束的几何不变体系。

提示：体系用不交于一点的三根链杆与基础相连，只需分析体系本身。（选择刚片示于图中，根据三刚片规律）。

例 1-17 在图 1-16 所示体系中，当去掉支座 1 处水平链杆，则余下的体系为\_\_\_\_\_体系，当去掉支座 1 处竖向链杆，则余下的体系为\_\_\_\_\_体系。（华中理工 1998）

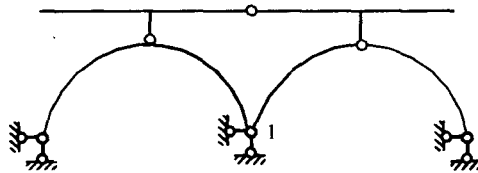


图 1-16

解：无多余约束的几何不变体系；有一个多余约束的几何瞬变体系。

例 1-18 试对图 1-17a 所示体系作几何组成分析。

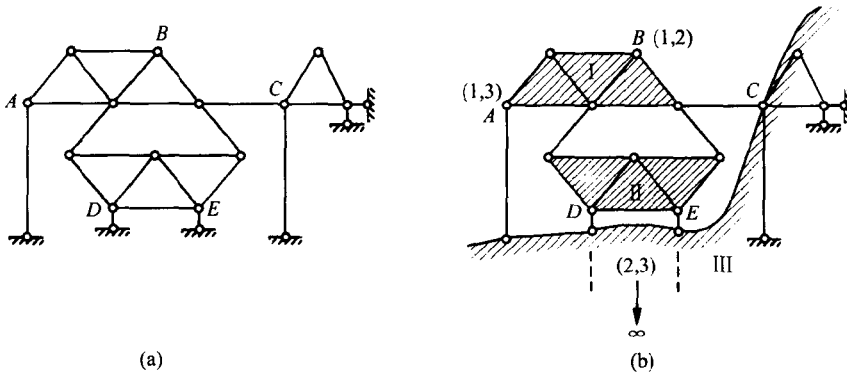


图 1-17

解：由于与基础相连的支座连杆数多于三根，因此应把基础也看成刚片作整体分析。选取合成刚片 I，II，III 如图 b。I、II 之间，I，III 之间分别由瞬铰 (1, 2)、(1, 3)