



华腾教育
HUA TENG EDUCATION

高等学校教材经典同步辅导丛书理化类

配高教社《结构力学教程(I)》 龙驭球 包世华 主编

结构力学教程(I)

同步辅导及习题全解

华腾教育教学与研究中心

丛书主编 清华大学 何联毅

本书主编 清华大学 陈晓东

赠学习卡
考试宝典



- ◆ 紧贴教材: 精讲重点 点拨方法 联系考研
- ◆ 考试宝典: 教材精华 经典试卷 常考试题
- ◆ 学习卡: 资料下载 信息交流 互动论坛
- ◆ 课后习题: 三级突破 分析要点 总结难点

中国矿业大学出版社

高等学校教材经典同步辅导丛书

结构力学教程(I)

同步辅导及习题全解

华腾教育教学与研究中心

丛书主编 清华大学 何联毅

本书主编 清华大学 陈晓东

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

结构力学教程(Ⅰ)同步辅导及习题全解/陈晓东主编.
徐州:中国矿业大学出版社,2006.8

(高等学校教材经典同步辅导丛书)

ISBN 7-81107-400-1

I. 结… II. 陈… III. 结构力学—高等学校—教
学参考资料 IV. O342

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 086928 号

书 名 结构力学教程(Ⅰ)同步辅导及习题全解
主 编 陈晓东
责任编辑 罗 浩
出版发行 中国矿业大学出版社
印 刷 北京市昌平百善印刷厂
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 本册印张 18 本册字数 414 千字
版次印次 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷
总 定 价 157.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

高等学校教材

经典同步辅导丛书编委会

主任：清华大学 王 飞

副主任：清华大学 夏应龙

中国矿业大学 李瑞华

编 委(按姓氏笔画排序):

于志慧	王 焯	甘 露	师文玉
吕现杰	朱凤琴	刘胜志	刘淑红
严奇荣	李 丰	李凤军	李 冰
李 波	李炳颖	李 娜	李晓光
李晓炜	李雅平	李燕平	何联毅
邹绍荣	宋 波	张旭东	张守臣
张国良	张鹏林	张 慧	陈晓东
范亮宇	孟庆芬	唐亚楠	韩国生
韩艳美	曾 捷		

前言

PREFACE

《结构力学教程》是土木工程力学专业重要的课程之一,也是报考该类专业硕士研究生的考试课程。龙驭球、包世华主编的《结构力学教程》(I)(II)以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出的特点成为这门课程的经典教材,被全国许多院校采用。为了帮助读者更好地学好这门课程,掌握更多知识,我们根据多年的教学经验编写了这本与此教材配套的《结构力学教程(I)(II)同步辅导及习题全解》。本书旨在使广大读者理解基本概念,掌握基本知识,学会基本解题方法与解题技巧,提高应试能力。

本书作为一种辅助性的教材,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性的特点。考虑到读者的不同情况,我们在内容上做了以下安排:

1. 内容提要:串讲概念,总结性质和定理,知识全面系统。
2. 典型例题与解题技巧:精选各类题型,涵盖本章所有重要知识点,对题目进行深入、详细的讨论与分析,并引导学生思考问题、能够举一反三,拓展思路。
3. 历年考研真题评析:精选历年考研真题进行深入的讲解。
4. 课后习题全解:本书给出了龙驭球、包世华主编的《结构力学教程》(I)(II)各章习题的答案。我们不仅给出了详细的解题过程,而且根据难易程度把课后习题分成了三个等级,针对不同的等级我们给出了不同程度的讲解。

我们衷心希望本书提供的内容能够对读者在掌握课程内容、提高解题能力上有所帮助。同时,由于编者的水平有限,本书难免出现不妥之处,恳请广大读者批评指正。

华腾教育教学与研究中心

目 录

CONTENTS

第二章 结构的几何构造分析	1
内容提要	1
典型例题与解题技巧	3
历年考研真题评析	5
课后习题全解	7
第三章 静定结构的受力分析	18
内容提要	18
典型例题与解题技巧	23
历年考研真题评析	27
课后习题全解	29
第四章 静定结构总论	59
内容提要	59
典型例题与解题技巧	61
历年考研真题评析	64
课后习题全解	65
第五章 影响线	68
内容提要	68
典型例题与解题技巧	70
历年考研真题评析	73
课后习题全解	78

第六章 结构位移计算与虚功—能量法简述	99
内容提要	99
典型例题与解题技巧	102
历年考研真题评析	106
课后习题全解	108
 第七章 力法	 134
内容提要	134
典型例题与解题技巧	138
历年考研真题评析	142
课后习题全解	146
 第八章 位移法	 183
内容提要	183
典型例题与解题技巧	186
历年考研真题评析	191
课后习题全解	194
 第九章 渐近法及超静定力的影响线	 225
内容提要	225
典型例题与解题技巧	227
历年考研真题评析	230
课后习题全解	233

第二章

结构的几何构造分析

内容提要

一、几何构造分析的几个概念

1. 几何不变体系与几何可变体系

在几何构造分析中不考虑材料的微小应变,杆件看作刚片。几何形状和位置固定不变的刚片系称为几何不变体系;几何形状和位置可以改变的刚片系称为几何可变体系。

2. 体系自由度

体系的自由度,等于体系运动时可以独立改变的坐标参数的数目,也就是完全确定体系的位置所需要的独立坐标数。

一个点在平面内的自由度 $S=2$,在空间 $S=3$;一个刚片在平面内 $S=3$,在空间 $S=6$ 。

3. 约束、必要约束与多余约束

(1) 约束

用于限制体系运动的装置称为约束。减少一个自由度的装置称为一个约束。

(2) 必要约束

影响体系实际自由度数目增减的约束称为必要约束。必要约束具有布置合理的特点,用以组成几何不变体系的最少约束都是必要约束。

(3) 多余约束



不改变体系实际自由度的约束称为多余约束。

4. 瞬变体系

原为几何可变,在发生微小位移后又成为几何不变的体系,称为瞬变体系。

5. 瞬铰

两刚片由两根链杆连接(并联),这两根链杆的约束作用等效于链杆交点(或延长线交点)处一个简单铰的作用,这种等效约束称为瞬铰。

6. 无穷远瞬铰

若连接两刚片的两根链杆互相平行,则两链杆的约束作用相当于无穷远处的一个瞬铰。

二、平面几何不变体系的组成规律

1. 一个点与一个刚片之间的联结方式

规律(1)

一个刚片与一个点用两根链杆相连接,此两链杆不在一直线上,则此体系是内部几何不变且无多余约束的体系。

2. 两刚片之间的联结线

规律(2)

两个刚片之间用不交于一点也不相互平行的三根链杆相联或用一个铰和不通过该铰的链杆相联,组成无多余约束的几何不变体系。

由此可推出

规律(3)

两刚片用三根不共点且不完全平行的链杆相连,组成无多余约束的几何不变体系。

3. 三刚片之间的联结方式

规律(4)

三个刚片之间用不在同一直线上的三个铰(实铰或虚铰)两两相联,组成无多余约束的几何不变体系。

三、平面杆件体系的计算自由度

1. 体系的实际自由度 S 、计算自由度 W 与多余约束数 n

设全部约束对象自由度总和为 a ,非多余约束数为 c ,全部约束总数为 d ,则有

实际自由度 $S = a - c$

计算自由度 $W = a - d$

多余约束数 $n = d - c = S - W$



2. 平面体系计算自由度的公式

(1) 刚片系: $W = 3m - (3g + 2h + b)$

式中: m ——刚片数

g ——单刚结个数

h ——单铰结个数

b ——单链杆根数

(2) 链杆系: $W = 2j - b$

式中: j ——结点数;

b ——单链杆数。

(3) 采用混合法: $W = (3m + 2j) - (3g + 2h + b)$

(4) 根据 W 值, 可以得出如下定性结论。

若 $W > 0$ (或 $V > 0$), 体系 (或内部) 几何可变。

若 $W \leq 0$ (或 $V \leq 0$), 体系 (或内部) 满足几何不变的必要条件, 但不一定几何不变, 还应进行构造分析。其中若 $W = 0$, 则 $S = n$, 当 $n = 0$, 体系几何不变; 当 $n > 0$, 体系几何可变。若 $W < 0$, 无论是否几何不变, 体系均有多余约束。

典型例题与解题技巧

【例 1】试对图 2-1(a) 所示铰接体系作几何组成分析。

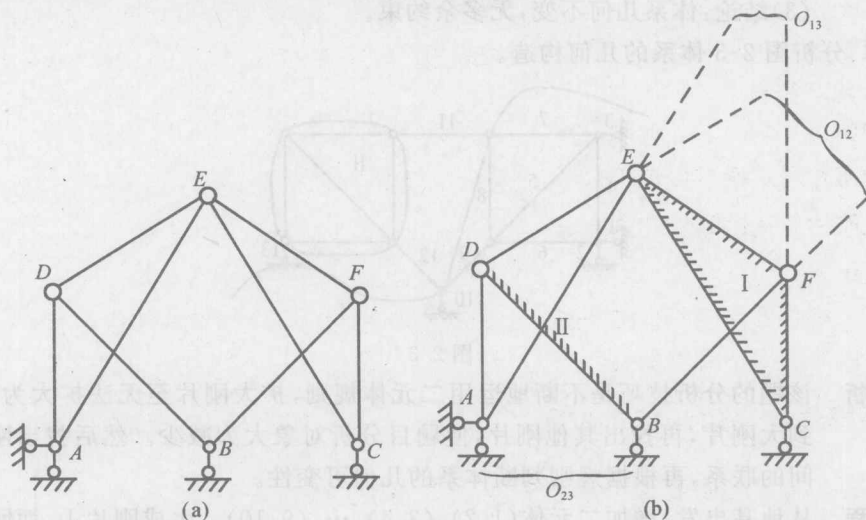


图 2-1

解题分析 把地基看为一个刚片, 利用规律(4)解题。

解题过程 视 $\triangle EFC$ 、杆件 BD 和地基为三刚片, 分别用链杆 DE 和 BF 、 AD 和 B 支座链杆、 AE 和支座链杆 C 两两构成的三虚铰相连, 三铰不共线, 故体系为



几何不变,且无多余联系,如图 2-1(b)所示。

对于计算自由度 $W=3m-2h-r=0$, 支座链杆数 $r \neq 3$ 的体系, 必须将体系内部与地基组成一个整体来分析, 也就是说在所选的三刚片中, 必须选地基为一个刚片。否则若不考虑地基, 只分析体系内部的组成时, 必然导致缺少联系的错误结论。

【例 2】 试对图 2-2(a) 所示体系作几何组成分析。

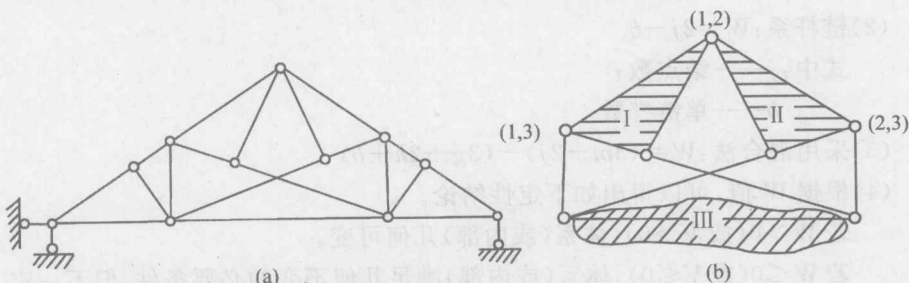


图 2-2

解题分析 不考虑地基, 利用三刚片规则解题。

解题过程 (1) 拆去支座链杆, 分析上部体系。

(2) 在上部体系中拆去二元片, 选取刚片 I, II, III 如图(b)所示。三个刚片之间的联结符合三刚片规则。

(3) 结论: 体系几何不变, 无多余约束。

【例 3】 分析图 2-3 体系的几何构造。

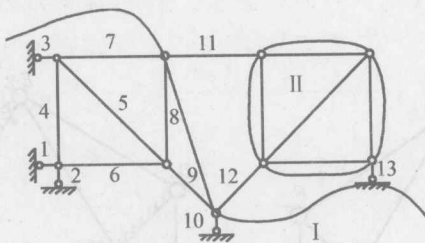


图 2-3

解题分析 该题的分析技巧是不断地运用二元体规则, 扩大刚片至无法扩大为止, 得到大刚片, 再找出其他刚片, 使题目分析对象大为减少。然后找出刚片之间的联系, 再根据规则判断体系的几何可变性。

解题过程 从地基出发, 增加二元体 (1,2)、(3,4)、...、(9,10)。生成刚片 I, 而刚片 II 由一个三角形加一个二元体得到, 刚片 I 与刚片 II 之间用 11、12、13 交于一点的三根链杆相连, 故体系是几何可变体系。



历年考研真题评析

【题 1】 (清华大学 2005 年) 试对图 2-4 所示体系进行几何构造分析。

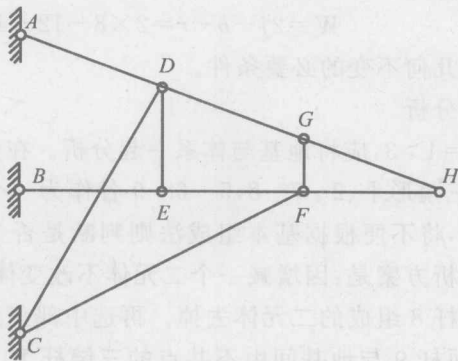


图 2-4

解题分析 先考虑是否符合几何不变的必要条件, 再进行验证。

解题过程 (1) 体系为链杆系, 结点数 $j=5$, 链杆数 $b=10$, 故 $W=2j-b=0$, 满足几何不变的必要条件。

(2) 由地基开始, 按二元体规律用链杆 AD 、 CD 固定结点 D ; 再以链杆 BE 、 DE 固定结点 E ; 继续添加二元体依次固定结点 F 、 G 、 H 。体系为几何不变, 且无多余约束。

(3) 讨论 也可用排除二元体方法分析。从体系右端开始依次排除结点 H 、 G 、 F 、 E , 余下铰结三角形 ACD 。因此, 体系为几何不变, 且无多余约束。

【题 2】 (武汉水利电力大学 2006 年) 对图 2-5 所示体系进行几何构造分析。

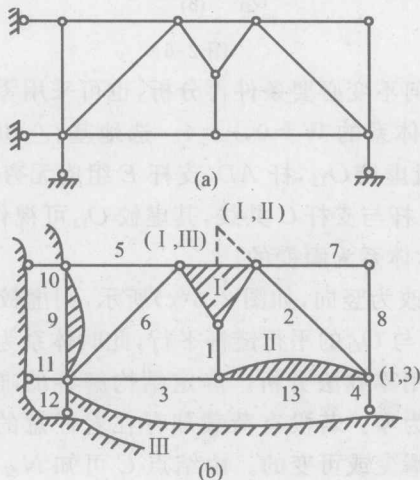


图 2-5



解题分析 去掉多余二元体,合理选择刚片,按三刚片法则解题。

解题过程 1. 计算自由度

由于 $j=8, b=12, r=4$, 故

$$W=2j-b-r=2 \times 8-12-4=0$$

体系满足几何不变的必要条件。

2. 几何组成分析

此体系 $r=4>3$, 应将地基与体系一起分析。在分析组成时, 如取图 2-5(b) 所示三角形 I、2-7-8, 5-6-9 各作为一个刚片, 加上地基, 共有四个刚片, 将不便根据基本组成法则判断是否为几何不变体系。正确的组成分析方案是: 因增减一个二元体不改变体系的几何不变性, 故可将杆 7 与杆 8 组成的二元体去掉。再选中部三角形作刚片 I, 杆 13 作刚片 II, 而杆 9 与地基间由不共点的三链杆 10, 11, 12 相连, 满足两刚片法则, 可把它们合起来视作刚片 III。现在考察刚片 I、II、III。由于它们分别由链杆 1 与 2, 3 与 4, 5 与 6 两两相连, 而三对链杆形成的三个铰(I, II)、(II, III)及(I, III)不共线, 故满足三刚片法则。

3. 该体系为几何不变且无多余约束的体系。

【题 3】 (西南交通大学 2005 年) 对图 2-6(a) 所示体系作几何构造分析。

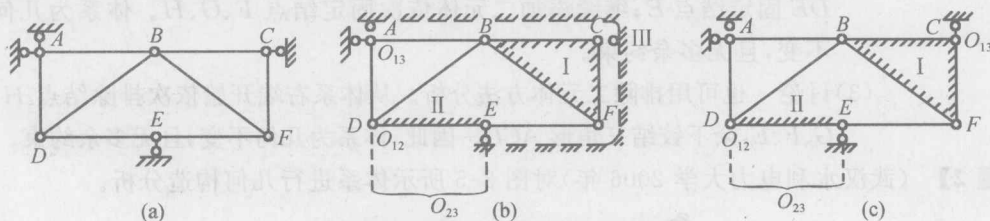


图 2-6

解题分析 可先考虑几何不变必要条件再分析, 也可采用零载法分析。

解题过程 解法一 此体系的 $W=0, r=4$ 。选地基、 $\triangle BCF$ 和 DE 杆为三刚片, 杆 DB 、 EF 组成虚铰 O_{12} , 杆 AD 、支杆 E 组成无穷远处虚铰 O_{23} , 而联结刚片 I、III 的 AB 杆与支杆 C 共线, 其虚铰 O_{13} 可视为位于此直线上任一点处, 故三铰共线, 体系为瞬变的。

若将支杆 C 改为竖向, 如图 2-6(c) 所示, 则虚铰 O_{13} 即在 C 点处, 而 O_{13} 与 O_{12} 的连线不与 O_{23} 的平行链杆平行, 此时体系为几何不变的。

解法二 采用零载法分析。静定结构解答的唯一性要求没有外载时, 各杆件内力必为零。若没有荷载却存在着任意的能满足平衡的非零内力, 则该体系为瞬变或可变的。由结点 C 可知 $N_{CF}=0$, 再由结点 F 、 E 、 D 判断零杆, 如图 2-6(b) 所示。此时 H_A 、 H_C 、 N_{AB} 、 N_{BC} 共线, 取任何相等的数



值均能平衡,因此零载下有无穷多组非零内力解答,体系为瞬变的。

【题 4】 (华南理工大学 2006 年)对图 2-7 所示体系进行几何构造分析。

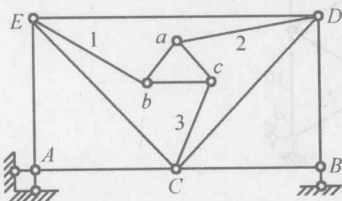


图 2-7

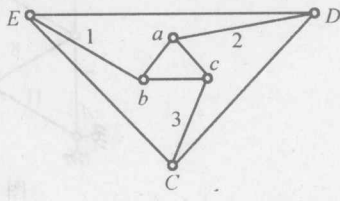


图 2-8

解题分析 先去掉基础,再去掉二元体 A、B 后,对剩下部分进行几何构造分析。

解题过程 剩下部分如图 2-8 所示,外边三角形 CDE 和里面的小三角形 abc,用链杆 1、2、3 相连,所以原体系是无多余约束的几何不变体系。

课后习题全解

2-1 ○(a) 解 如图 2-9 所示:杆 1 通过支座 A、B 与大地构成一个刚片,把杆 2 与支座 C 及杆 3 与支座 D 构成的结构看作两个二元体,加上二元体后,不影响原结构的几何不变性,所以体系为几何不变且无多余约束。

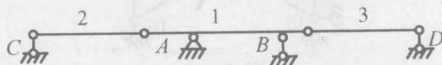


图 2-9

○(b) 解 如图 2-10 所示,杆 1 与大地通过支座 A、B 连接成一个刚片 I,把杆 2 看作一个刚片 II, I 与 II 由交于 C 点的链杆 3、4、5 相联,几何可变。

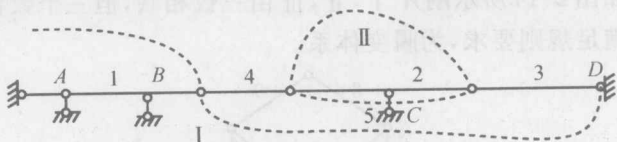


图 2-10

◎(c) 分析 加上或去掉二元体,原结构的几何性质不变。

解 如图 2-11 所示,固定支座 A 视为刚片 I,杆 3 视为刚片 II, I 与 II 通过铰 B 及链杆 2 相联,且三个铰不在一直线上,则构成几何不变体系,加上 4、5 及 6、7 构成的二元体,几何性质不变,所以整体为几何不变,且无多余约束。

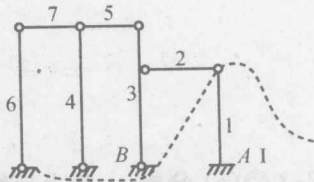


图 2-11

2-2 ○(a) 解 如图 2-12 所示,依次去掉二元体 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12;只剩下大地刚片,为几何不变体系,且无多余约束。

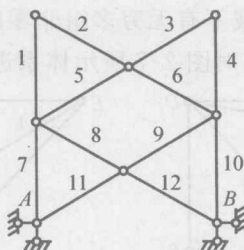


图 2-12

○(b) 解 如图 2-13 所示, 杆 1, 2, 3 由不在一条直线上的三个铰相联, 构成刚片 I, 加上二元体 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 后仍为几何不变, 大地视为刚片 II, 由不平行且不交于一点的链杆 14, 15, 16 相联, 所以为几何不变体系且无多余约束。

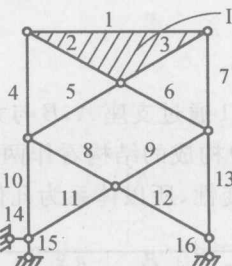


图 2-13

◎(c) 分析 合理选择刚片。

解 去掉二元体 8, 9, 不予考虑。

如图 2-14 所示刚片 I, II, III 由三铰相联, 但三个铰在一条直线上, 不满足规则要求, 为瞬变体系。

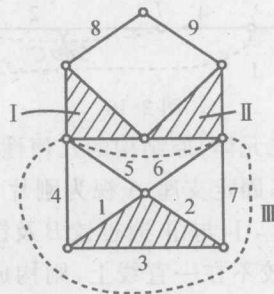


图 2-14

2-3 ◎(a) 分析 当上部结构通过不平行且不交于一点的三链杆支座与大地相联时, 可不考虑支座, 仅考虑上部结构的几何性质。

解 如图 2-15 所示, 不考虑支座, 左边杆 1, 2, 3 构成一个刚片 I, 加上二元体 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 后构成一个大刚片 I, 同理构成刚片 II,



杆 14 视为刚片 III, 三刚片由不交于一点三个铰相联, 所以为几何不变体系且无多余约束。

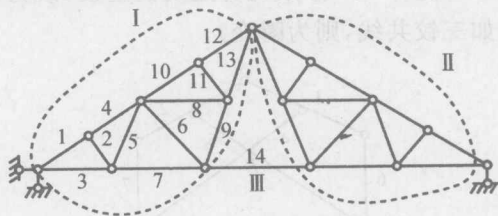


图 2-15

○(b) 解 如图 2-16 所示, 杆 1, 2, 3 构成刚片, 加上二元体 4, 5; 6, 7; 之后构成新刚片 II, II 与图示刚片 I 由铰 A 与链杆 8 相联, 且杆 8 与铰 A 不共线, 故构成一个几何不变体系, 链杆 9, 10 视为二元体, 则整体为内部不变, 无多余约束。

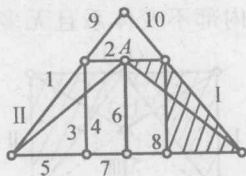


图 2-16

◎(c) 分析 注意对几何组成规律的灵活运用。

解 如图 2-17 所示, 杆 1, 2, 3 构成一个刚片, 加上二元体 4, 5; 6, 7; 8, 9 之后与大地形成一个大刚片 I, 杆 10, 11, 12 构成刚片, 它与二元体 13, 14 相联构成刚片 II, I 与 II 由不交于一点且不相互平行的链杆 15, 16 及支座链杆 C 相联, 所以为几何不变体系, 有 1 个多余约束。

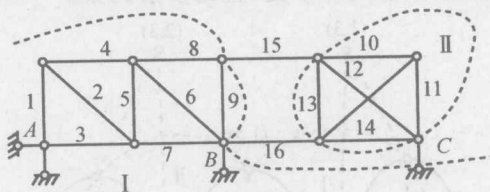


图 2-17

○(d) 解 如图 2-18 所示, 易看出刚片 I, II 由共线的 A, B, C 三铰相联, 所以为瞬变体系。

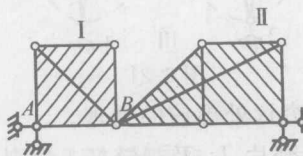


图 2-18



- 2-4 ○(a) 解 如图 2-19 所示, 链杆 1, 2, 3 由三个铰相联, 分别交于铰 A, 杆 4, 5 形成的交点 B, 链杆 6, 7 形成无穷远处的虚铰; 故为内部不变体系, 无多余约束(如三铰共线, 则为瞬变)。

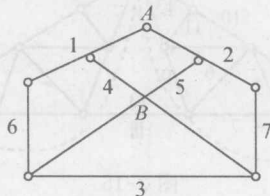


图 2-19

- ◎(b) 分析 注意对规律的熟练掌握。

解 如图 2-20 所示刚片 I, II 及杆 5(刚片 III), I, II 交于铰(1, 2); I, III 由链杆 1, 2 相联交于(1, 3); II, III 由链杆 3, 4 相联交于(2, 3); 三铰不共线, 故为内部不变体系且无多余约束。

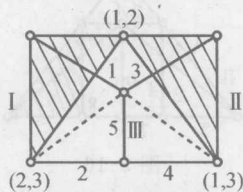


图 2-20

- ◎(c) 分析 合理选择刚片及组成规律, 对解题十分重要。

解 如图 2-21 刚片 I, II 及视大地为刚片 III, I, II 交于铰(1, 2); I, III 由链杆 1, 2 交于铰(1, 3); II, III 交于(2, 3), 三刚片由不共线铰两两相联, 所以体系内部不变, 且无多余约束。

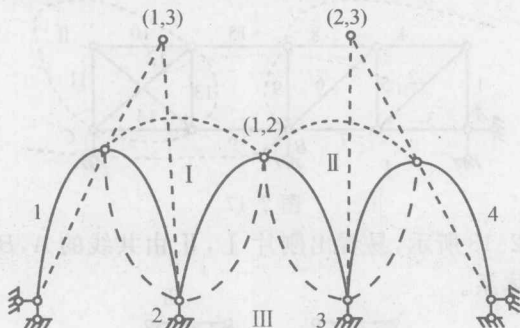


图 2-21

- ◎(d) 分析 注意掌握无穷远处虚铰的处理。

解 如图 2-22 所示刚片 I, 及视链杆 1 为刚片 II, 大地为刚片 III, 分别交于铰(1, 3), 无穷远处虚铰(2, 3) 及(1, 2), 不共线, 所以体系为几何不