

九章  
丛书

高校经典教材同步辅导丛书

配套高教版·李廉钺主编

教你用更多的自信面对未来!

一书三用

同步辅导+考研复习+教师备课

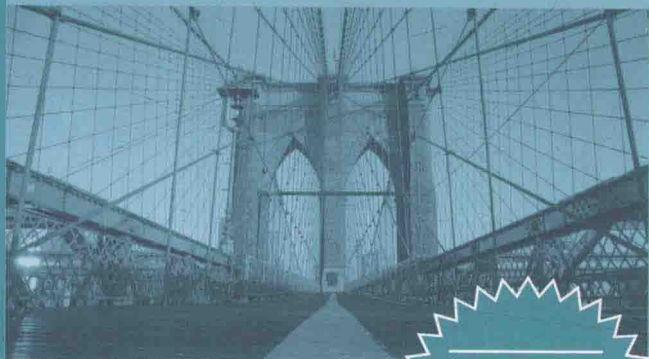
# 结构力学 (第6版)

## 同步辅导及习题全解

主编 李昭



扫码在线阅读电子书,  
让你的学习更简单!



名师一线经验大汇集, 习题超全解, 解题步骤超详细, 方法技巧最实用

新版



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

高校经典教材同步辅导丛书

# 结构力学（第6版） 同步辅导及习题全解

主 编 李 昭



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

·北京·

## 内 容 提 要

本书是与高等教育出版社出版,李廉锟主编的《结构力学》(第6版)配套的同步辅导及习题全解辅导书。

本书按教材内容安排全书结构,各章均包括学习要求、例题精讲、课后习题全解三部分内容。全书按教材内容,针对各章节习题给出详细解答,思路清晰,逻辑性强,循序渐进地帮助读者分析并解决问题,内容详尽,简明易懂。

本书可作为高等院校学生学习“结构力学”课程的辅导教材,也可作为考研人员复习备考的辅导教材,同时可供教师备课命题作为参考资料。

由于时间较仓促及编者水平有限,书中难免存在疏漏甚至错误之处,恳请广大读者和专家批评指正。如有疑问,请联系我们(微信:JZCS15652485156或QQ:753364288)。

## 图书在版编目(CIP)数据

结构力学(第6版)同步辅导及习题全解 / 李昭主编

— 北京:中国水利水电出版社,2018.9

(高校经典教材同步辅导丛书)

ISBN 978-7-5170-6864-8

I. ①结… II. ①李… III. ①结构力学—高等学校—习题集 IV. ①O342-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第209239号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:张玉玲 加工编辑:焦艳芳 封面设计:李佳

书 名	高校经典教材同步辅导丛书 结构力学(第6版)同步辅导及习题全解 JIEGOU LIXUE (DI 6 BAN) TONGBU FUDAO JI XITI QUANJIE
作 者	主 编 李 昭
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话:(010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
— 刷	三河市祥宏印务有限公司
规 格	170mm×227mm 16开本 13.75印张 325千字
版 次	2018年9月第1版 2018年9月第1次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	27.50元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

李廉锟主编的《结构力学》(第6版)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习这门课程,掌握更多的知识,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(第6版)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,进而提高应试能力。

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。考虑“结构力学”这门课程的特点,我们在内容上作了以下安排:

(1) **学习要求。**每章前面均对本章重点、难点进行了梳理。

(2) **例题精讲。**该部分选取了一些具有启发性或综合性较强的经典例题,对所给例题先进行分析,再给出详细解答,意在抛砖引玉。

(3) **课后习题全解。**教材中课后习题丰富、层次多样,许多基础性问题从多个角度帮助学生理解基本概念和基本理论,促其掌握基本解题方法。我们对教材的课后习题给了详细的解答。

编者

2018年08月

前言

第一章 绪论 .....	1
学习要点 .....	1
习题全解 .....	2
第二章 平面体系的机动分析 .....	4
学习要点 .....	4
例题精讲 .....	5
习题全解 .....	8
第三章 静定梁与静定刚架 .....	13
学习要点 .....	13
例题精讲 .....	14
习题全解 .....	18
第四章 静定拱 .....	35
学习要点 .....	35
例题精讲 .....	36
习题全解 .....	38
第五章 静定平面桁架 .....	41
学习要点 .....	41
例题精讲 .....	42
习题全解 .....	46

# 目录

contents

<b>第六章 结构位移计算</b> .....	58
学习要点 .....	58
例题精讲 .....	60
习题全解 .....	63
<b>第七章 力法</b> .....	73
学习要点 .....	73
例题精讲 .....	74
习题全解 .....	76
<b>第八章 位移法</b> .....	99
学习要点 .....	99
例题精讲 .....	100
习题全解 .....	103
<b>第九章 渐近法</b> .....	116
学习要点 .....	116
例题精讲 .....	118
习题全解 .....	120
<b>第十章 矩阵位移法</b> .....	131
学习要点 .....	131
例题精讲 .....	134
习题全解 .....	137

# 目录

contents

<b>第十一章 影响线及其应用</b> .....	146
学习要点 .....	146
例题精讲 .....	147
习题全解 .....	150
<b>第十二章 结构动力学</b> .....	165
学习要点 .....	165
例题精讲 .....	166
习题全解 .....	171
<b>第十三章 结构弹性稳定</b> .....	184
学习要点 .....	184
例题精讲 .....	185
习题全解 .....	188
<b>第十四章 结构的极限荷载</b> .....	201
学习要点 .....	201
例题精讲 .....	202
习题全解 .....	204
<b>第十五章 悬索结构</b> .....	211
学习要点 .....	211
习题全解 .....	211

# 第一章

## 绪论

### 学习要点

#### 1. 结构

结构是建筑物中用以担负预定任务、支承荷载和维护形状的部分。

#### 2. 荷载

荷载指作用在结构上的主动力(外力),分为:

- (1) 按作用时间可分为:恒载和活载;
- (2) 按作用位置是否变化分为:固定荷载和移动荷载;
- (3) 按是否考查惯性力影响分为:静力荷载和动力荷载。

#### 3. 结构计算简图

对实际结构作力学分析,是通过结构计算简图来进行的,即用一个简化的图形代替实际结构的计算图形。

(1) 简化原则:

- 1) 计算简图必须能够反映实际结构的主要受力特征,确保计算结果可靠。
- 2) 在满足计算精度的条件下,结构计算简图尽量简单,使计算方便可行。

(2) 简化内容:

- ① 结构体系简化;② 支座简化;③ 结点简化;④ 杆件简化;⑤ 荷载简化;⑥ 材料简化。

基本概念(关于结构算图)

- 1) 结构体系:分空间结构与平面结构。



2) 支座:是结构与基础间的连接部分,分为刚性支座和弹性支座。

3) 刚性支座:分为活动铰支座、固定铰支座和固定支座。

4) 弹性支座:分为伸缩弹性支座和旋转弹性支座。

5) 结点:杆件间的连接区,分为铰结点、刚结点和组合结点。

6) 铰结点:其特性是被连接的杆件在连接处不能相对移动,但可作相对转动,因此铰结点可传递轴力和剪力,但不能传递力矩。

7) 刚结点:其特征是被连接的杆件在连接处既不能相对移动,又不能相对转动;既可传递轴力和剪力,也可传递力矩。

8) 组合结点:在一个结点上同时出现刚结点和铰结点的连接方式。

## 4. 结构分类

结构可按广义结构力学的几何特征分为:杆系结构、薄壁(壳)结构、实体(块体)结构。杆系结构分为:梁、拱、桁架、刚架和组合结构。

### 习题全解

- 解题过程** 结构力学在材料力学的基础上着重研究由杆件组成的结构,具体任务有:① 研究结构在荷载等因素作用下的内力和位移计算;② 研究结构的稳定计算,以及动力荷载作用下的动力反应;③ 研究结构的组成规则和合理形式等问题。
- 解题过程** 荷载是作用在结构上的主动力。荷载按时间可分为恒载和活载;按作用位置是否变化可分为固定荷载和移动荷载,以及静荷载和动荷载;根据荷载对结构所产生的动力效应和大小,可以区分静荷载和动荷载。
- 解题过程** 在计算结构时,对实际结构进行简化,表现其主要特点,略去其次要因素,用一个简化图来代替实际结构,这种图形就称为结构计算简图。  
通过对杆件的简化、支座和结点的简化、荷载的简化、体系的简化来决定计算简图。
- 解题过程** 常用支座:① 活动铰支座;② 固定铰支座;③ 固定支座;④ 滑动支座。  
常用结点:① 铰结点;② 刚结点;③ 组合结点。
- 解题过程** 杆系结构是指长度远大于其他两个尺度(即截面)的高度和宽度的杆件组成的结构。常见杆系结构:梁、拱、刚架、桁架、组合结构、悬索结构。  
受力特点:  
(1) 梁。梁是一种受弯构件,其轴线通常为直线。当荷载垂直于轴线时,横截面只有弯矩和剪力,没有轴力。  
(2) 拱。拱的轴线为曲线且在竖直荷载作用下产生水平反力,这使得拱比跨度荷载相同的梁的弯矩及剪力都要小,而有较大的轴向压力。

- (3) 刚架。由直杆组成并具有刚结点,各杆均为受弯杆,内力通常是弯矩、剪力和轴力都有。
- (4) 杆架。由直杆组成,但所有结点均为铰结点,当只有作用于结点的集中荷载时,杆只产生轴力。
- (5) 组合结构。由桁架和梁或桁架和刚架组合在一起的结构,其中一些杆件受轴力,另一些杆件同时承受弯矩和剪力。
- (6) 悬索结构。主要承重构件为悬挂于塔、柱上的缆索,索只受轴向拉力,可最充分地发挥材料强度,且自重轻,可跨越很大的跨度。

## 第二章

# 平面体系的机动分析

### 学习要点

#### 1. 几何构造分析的几个概念

(1) 几何不变体系和几何可变体系:

- 1) 几何不变体系:在不考虑材料应变的条件下,体系的位置和形状是不能改变的。
- 2) 几何可变体系:在不考虑材料应变的条件下,体系的位置和形状是可以改变的。

(2) 自由度:

一个体系的自由度,等于这个体系运动时可以独立改变的坐标数目。

(3) 联系(或称为约束):

- 1) 一个支杆(链杆)相当于一个约束,可减少一个自由度。
- 2) 一个单铰(连接两个物体的铰)使自由度减少两个,相当于两个约束。
- 3) 复铰(连接三个以上刚片的铰)相当于  $n-1$  个单铰,其中  $n$  为刚片数。
- 4) 刚性连接相当于三个约束。

(4) 多余约束:

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,则此约束称为多余约束。

(5) 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。

(6) 瞬铰(虚铰):

两根不平行的链杆连接刚片与基础,链杆的延长线相交于点  $O$ ,则两根链杆起约束作用相当于在链杆交点处的一个铰所起的作用,这个铰称为瞬铰(也称为虚铰)。

(7) 无穷远处的瞬铰:

如果连接刚片与基础的两根链杆平行,则瞬铰在无穷远处。

## 2. 平面几何不变体系的组成规律

(1) 两刚片的组成规则:

两刚片用不全交于一点也不全平行的三根链杆连接,则所组成的体系是几何不变的。

(2) 三刚片的组成规则:

三刚片用不在同一直线上的三个铰(含瞬铰)两两相连,则所组成的体系是几何不变的。

(3) 二元体和二元体规则:

二元体:由两根不在同一直线上的链杆连接一个新结点的装置(在龙驭球、包世华主编的《结构力学教程》中称为“简单装配格式”)。

三元体(增、减)规则:在一个体系上的依次增加或撤去二元体,不会改变体系的几何组成性质。

## 3. 平面杆件体系的计算自由度

设刚片数为  $m$ , 单刚结数为  $g$ , 单数为  $h$ , 支座链杆数为  $r$ , 体系的计算自由度可表示为

$$W = 3m - (3g + 2h + r)$$

计算自由度  $W$  的结果有以下三种情况:

(1)  $W > 0$ , 表明体系缺少足够的联系, 因此是几何可变的。

(2)  $W = 0$ , 表明体系具有成为几何不变所必须的最少约束数目。

(3)  $W < 0$ , 表明体系具有多余约束。

$W \leq 0$  是平面体和几何不变的必要条件, 但不是充分条件。尽管体系的约束数目足够且多余, 但由于布置不当, 体系仍会是可变的。要确定体系的几何不变性, 应按几何组成规律判定。

## 例题精讲

**例 1** 图 2-1(a) 为三角形  $ABC$  及其他链杆所组成的体系, 试考察  $BC$  边上  $G$  铰不同位置与体系整体几何特性的关系, 给出简要分析过程。(10 分, 北京交通大学, 2003)

**解析** 观察图 2-1(a) 所示体系,  $\triangle BEG$  直接与大地固定铰支, 可拆解为 3 根链杆看待, 因此, 与大地直接相连的约束分别为链杆  $BE$ 、 $BG$ 、 $CD$  及  $A$  支座, 超过 3 个, 需将大地视作刚片。 $BG$  和  $CD$  与  $GC$  杆件相连,  $BE$  和  $A$  支座链杆与  $\triangle AEF$  相连, 通过“顺藤摸瓜”的思想可以找出如图 2-1(b) 所示的三刚片。 $G$  铰位于  $BC$  之间时, 三个虚铰共线, 体系为瞬变体系。  
 $G$  铰在  $B$  点处时, 如图 2-1(c) 所示,  $B-C-D$  可以看作直接添加在大地上的二元体, 可与大地视作一个刚片,  $\triangle AEF$  为另一刚片, 两刚片之间通过三根共线的链杆相连, 亦为瞬变体系。  
 $G$  铰在  $C$  点处时, 如图 2-1(d) 所示,  $\triangle AEF$  和大地刚片之间通过 4 根链杆相连, 其中  $BE$ 、 $EC$ 、 $CF$  三根链杆既不全共线, 也不全交于一点。因此, 体系为有一个多余约束的几何不变体系。

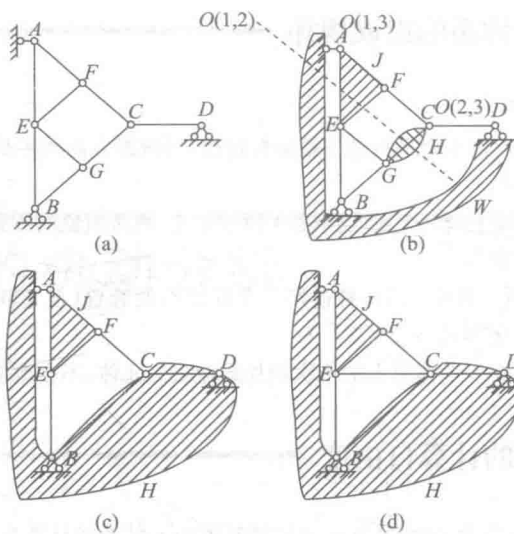


图 2-1 例 1 图

因此,  $G$  铰由  $B$  到  $C$  的过程中, 体系的几何特性分别为瞬变、瞬变、有一个多余约束的几何不变体系。



**总结** 此题将大地看作一个刚片, 采用三刚片原则来求解。

**例 2** 试分析图 2-2(a) 所示体系的几何组成。(6 分, 哈尔滨工业大学, 2004)

**解析** 如图 2-2(b) 所示, 取刚片 I、II、III, 刚片 I 和 III 之间通过无穷远处虚铰  $O(1,3)$  相连, 刚片 II 和刚片 III 通过虚铰  $O(2,3)$  相连。如果没有铰 A, 刚片 I 和 II 之间会通过水平无穷远处的虚铰相连, 组成一个无多余约束的几何不变体系, 因此, 铰 A 的存在使得该体系成为缺少一个必要约束的几何可变体系。

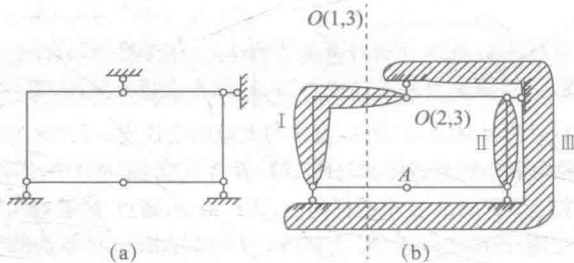


图 2-2 例 2 图

此题如直接使用基本组成规则找不到对应的刚片及约束, 还可通过计算自由度值进行判断。体系共有 5 个刚片、5 个单铰、4 个单链杆, 因此,  $W = 5 \times 3 - 5 \times 2 - 4 = 1 > 0$ , 该体系缺少一个必要约束, 为几何可变体系。



**总结** 对不易于分析的体系, 可先计算自由度, 进而判断体系组成。

**例3** 分析图2-3(a)所示体系中,  $B$ 从 $A$ 移动到 $C$ 时, 体系几何组成性质的变化规律。(10分, 北京交通大学, 2006)

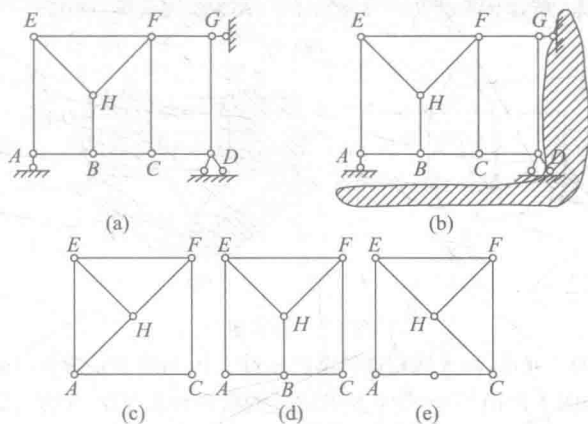


图2-3 例3图

**解析** 如图2-3(b)所示,  $DG$ 杆与大地通过一固定铰支座和一不过该铰的链杆相连, 可与大地视作同一刚片。体系 $ACFE$ 与大地仅通过 $FG$ 、 $CD$ 和 $A$ 处的链杆相连, 这三根链杆既不全平行也不全共线, 因此, 可以去除大地, 仅观察体系 $ACFE$ 的几何构造特性即可。在 $B$ 铰由 $A$ 到 $C$ 的过程中, 如图2-3(c)(d)(e)所示。 $ACEF$ 的几何特性分别为无多余约束的几何不变体系、几何可变体系和无多余约束的几何不变体系。原体系的几何组成性质亦然。

**总结** 当上部体系与基础用不交于一点三个约束相连时, 可以抛开基础, 只分析上部。

**例4** 计算图2-4所示体系的自由度, 试分析其几何组成。(20分, 华南理工大学, 2006)

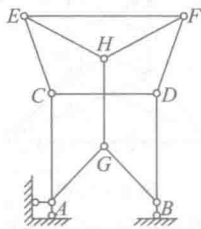


图2-4 例4图

**解析** 图2-4所示体系有 $ACDB$ 、 $AG$ 、 $GB$ 、 $HG$ 、 $EC$ 、 $DF$ 、 $EH$ 、 $HF$ 和 $EF$ 9个刚片,  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 和 $D$ 处4个单铰,  $E$ 、 $F$ 、 $G$ 、 $H$ 处4个连接三个刚片的复铰、3个支座链杆, 因此, 其计算自由度为:  $W = 3m - (2h + r) = 3 \times 9 - (2 \times 12 + 3) = 0$

观察图2-4可知, 体系与大地仅通过三根既不全共线也不全交于一点的支座链杆相连, 因此, 可以先去除大地, 仅考虑上部体系的几何构造特性。刚片 $ACDB$ 添加二元体 $A-G-B$ , 组成刚片 $A-C-D-B-G$ , 与刚片 $E-H-F$ 之间通过 $EC$ 、 $HG$ 和 $FD$ 三根交于一点的链杆相连, 因此, 该体系为瞬变体系。



**总结** 同例 3, 抛开基础, 只分析上部, 通过添加二元求解。

**例 5** 试分析图 2-5(a) 所示体系的几何组成。(8 分, 北京交通大学, 2002)

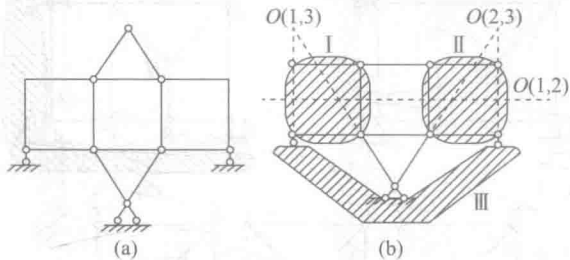
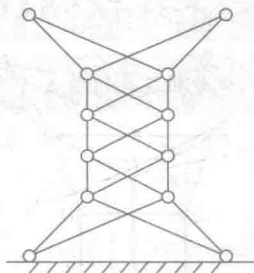


图 2-5 例 5 图

**解析** 去除体系上部的二元体。与大地相连的链杆超过 3 个, 可将大地视作一刚片, 再去找寻其他刚片。选取刚片如图 2-5(b) 所示, 则各刚片之间的联系均为虚铰。无穷远处的虚铰  $O(1,2)$  平行于  $O(1,3)$  和  $O(2,3)$  之间的连线, 因此, 原体系为瞬变体系。

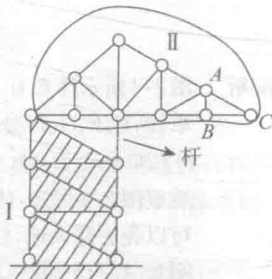
## 习题全解

**2-1 解题过程** 由几何不变体系的二元体规则可知: 自下而上加二元体, 地基为一大“刚片”, 可知此体系为几何不变且无多余约束。



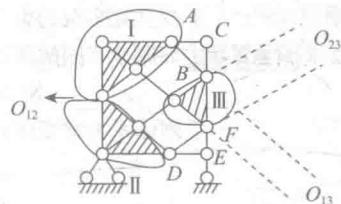
题 2-1 图解

**2-2 解题过程** 地基为一刚片, 由二元体规则可知, 由下而上三元体, 组成大刚片 I; ABC 可以看作一个刚片, 添加二元体可以组成大片 II, 则刚片 I 和刚片 II 由一铰一杆相联, 组成几何不变且无多余约束的体系。



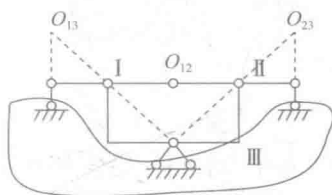
题 2-2 图解

- 2-3 **解题过程** 如题 2-3 图解所示,将链杆划分为刚片 I、II、III,则刚片 I、II 组成虚铰  $O_{12}$ ,刚片 II、III 虚铰在  $O_{23}$  处,刚片 I、III 虚铰在  $O_{13}$  处。由三刚片规则可以组成一个刚片,由二刚片规则可以添加二元体 ABC 和 C,最后与大地通过一铰和链杆相连,组成了几何不变且无多余约束的体系。



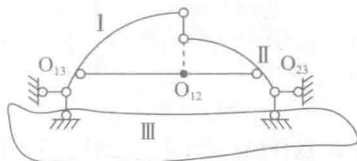
题 2-3 图解

- 2-4 **解题过程** 由题 2-4 图解可知分为刚片 I、II、III,刚片 II、III 虚铰在  $O_{13}$ ;刚片 II、III 虚铰在  $O_{23}$ ;刚片 I、II 虚铰  $O_{12}$ 。按三刚片规则,组成了几何不变且无多余约束的体系。



题 2-4 图解

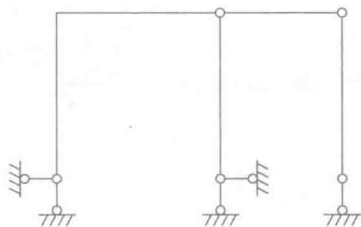
- 2-5 **解题过程** 如题 2-5 图解所示,可以分为刚片 I、II、III,那么刚片 I、II、III 分别铰在  $O_{12}$ 、 $O_{23}$ 、 $O_{13}$  处,由三刚片规则,组成了几何不变且无多余约束的体系。



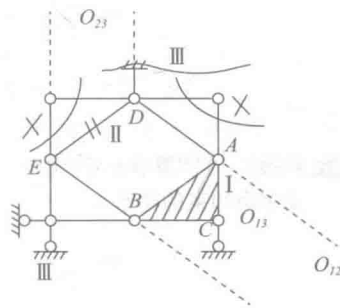
题 2-5 图解

- 2-6 **解题过程** 如题 2-6 图解所示,可以算得  $W = 0$ ,左部有一多余联系,右边少一联系。则体系为常变体系。

$$W = 3m - (2h + r) = 3 \times 3 - (2 \times 4 + 1) = 0$$



题 2-6 图解



题 2-7 图解

- 2-7 **解题过程** 如题 2-7 图解所示,大地为一刚片 II,ABC 为一刚片 I,铰杆 DE 为刚片 III。去二无体(图中打×),那么三刚片组成的铰为  $O_{12}$ 、 $O_{23}$ 、 $O_{13}$ ,按三刚片分析,三铰不共线,几何不

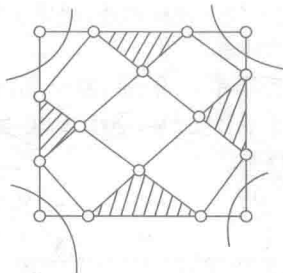


变且无多余约束。

2-8 **解题过程** 如题 2-8 图解所示,去四角二元体后,分析余下体系:

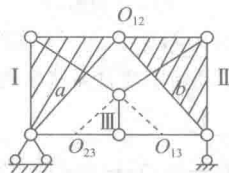
$$W = 3m - (2h + r) = 3 \times 4 - 8 = 4 > 3$$

则体系为常变体系。



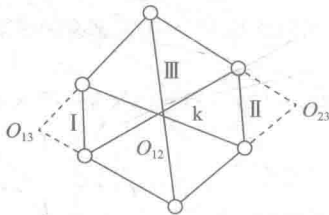
题 2-8 图解

2-9 **解题过程** 如题 2-9 图解所示,可分为三刚片 I、II、III,刚片 I、II、III 组成的铰为  $O_{12}$ 、 $O_{23}$ 、 $O_{13}$ ,再按三刚片规则,三铰不共线,几何不变且无多余约束。



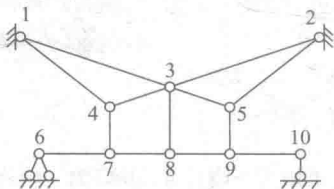
题 2-9 图解

2-10 **解题过程** 如题 2-10 图解所示,选择链杆 I、II、III,刚片 I、II、III 组成的铰为  $O_{13}$ 、 $O_{23}$ 、 $O_{12}$ ,三铰共线,为瞬变体系。



题 2-10 图解

2-11 **解题过程** 如题 2-11 图解所示,由链杆 1,2,3... 顺序加二元体,由二元体规则,组成几何不变且无多余约束的体系。



题 2-11 图解