

高校经典教材同步辅导丛书

配套高教版·龙驭球 包世华主编

九章丛书

结构力学 I

基本教程

同步辅导及习题全解

主 编 黄淑森

• 知识点窍 • 逻辑推理 • 习题全解
• 全真考题 • 名师执笔 • 题型归类



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

新版

高校经典教材同步辅导丛书

结构力学 I 基本教程

同步辅导及习题全解

主编 黄淑森

内容提要

本书是为了配合由高等教育出版社出版的《结构力学 I——基本教程》(第 2 版)而编写的辅导用书。

本书由知识要点概述、知识点归纳、典型例题的解题技巧及课后习题详解等部分组成,旨在帮助读者掌握课程内容的重点、难点,提高分析问题、解决问题的能力。本书共 10 章,主要内容包括静定结构分析、超静定结构分析、矩阵位移法、动力计算方法等。

本书可作为高等学校土建、水利、力学等专业结构力学课程的辅导教材,也可作为报考硕士研究生人员的辅导教材,同时可供教师备课课题作为参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学(I)基本教程同步辅导及习题全解 / 黄淑森主编. — 北京:中国水利水电出版社, 2013.1
(高校经典教材同步辅导丛书)
ISBN 978-7-5170-0569-8

I. ①结… II. ①黄… III. ①结构力学—高等学校—
教学参考资料 IV. ①0342

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第012007号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:张玉玲 加工编辑:孙丹 封面设计:李佳

书 名	高校经典教材同步辅导丛书 结构力学 I 基本教程同步辅导及习题全解
作 者	主编 黄淑森
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 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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
印 刷	北京正合鼎业印刷技术有限公司
规 格	170mm×227mm 16 开本 17.5 印张 422 千字
版 次	2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0000—5000 册
定 价	23.80 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

编 委 会

(排名不分先后)

程丽园	李国哲	陈有志	苏昭平
郑利伟	罗彦辉	邢艳伟	范家畅
孙立群	李云龙	刘 岩	崔永君
高泽全	于克夫	尹泉生	林国栋
黄 河	李思琦	刘 闯	侯朝阳

编 委

2015年10月

前 言

《结构力学》是土木专业的重要学科之一。为了能帮助学生更好的学好这门课程,使读者能够更好的理解基本概念,掌握基本知识学会解题思维方法与解题技巧。我们编写了这本辅导书,本书是配套高等教育出版社出版的,由龙驭球、包世华主编的《结构力学 I II——专题教程》(第二版)的辅导书。

全书共分 10 章,其中包括:绪论、结构的几何构造分析、静定结构的受力分析、影响线、虚功原理与结构位移计算、力法、位移法、渐进法及其他算法简述、矩阵位移法和结构动力计算基础十章内容。具有很强的理论性和实践性,锻炼学生的思维方式,使其能够分析问题,解决问题。

每章内容包括**知识要点、知识点归纳、典型例题分析及课后习题详解**四个部分。本书在典型例题与习题详解中,通过“**知识点窍**”、提纲挈领地抓住了题目核心知识,让学生清楚地了解出题者的意图;运用“**逻辑推理**”引导不生思维,以培养学生科学的思维方法和思维技巧;解题过程清晰,步骤完整、数据准确、附图齐全,作图精确。

本书是在校本科生学《结构力学》课程的辅导教材,也是考研人员复习备考的参考书,同时可供教师备课命题作重要参考资料。本书由温州职业技术学院黄淑森教授主编。

由于编者水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 10 月

目录

contents

前言

第1章 绪论	1
知识点归纳	1
第2章 结构的几何构造分析	3
本章知识要点概述	3
知识点归纳	3
课后习题全解	5
第3章 静定结构的受力分析	15
本章知识要点概述	15
知识点归纳	15
课后习题全解	21
第4章 影响线	60
本章知识要点概述	60
知识点归纳	60
课后习题全解	62
第5章 虚功原理与结构位移计算	82
本章知识要点概述	82
知识点归纳	82
课后习题全解	85
第6章 力法	109
本章知识要点概述	109

目录

contents

知识点归纳	109
课后习题全解	113

第7章 位移法

149

本章知识要点概述	149
知识点归纳	149
课后习题全解	153

第8章 渐近法及其他算法简述

186

本章知识要点概述	186
知识点归纳	186
课后习题全解	189

第9章 矩阵位移法

222

本章知识要点概述	222
知识点归纳	222
课后习题全解	225

第10章 结构动力计算基础

253

本章知识要点概述	253
知识点归纳	253
课后习题全解	256

第1章

绪论

知识点归纳

一、结构力学的学科内容和教学要求

1. 结构

建筑物和工程中承受、传递荷载而起骨架作用的部分称为工程结构，简称为结构。从几何角度看可分为杆件结构、板壳结构和实体结构。

2. 结构力学的研究对象

结构力学以杆件结构为主要研究对象，根据力学原理研究在外力和其他外界因素作用下结构的内力和变形，结构的强度、刚度、稳定性和动力反应，以及结构的组成规律。

3. 课程教学中的能力培养

包括分析能力、计算能力、自学能力、表达能力。

二、结构的计算简图及简化要点

1. 结构体系的简化

既要反映实际结构的主要性能又要分清主次，略去细节以便于计算。

2. 杆件的简化

杆件用轴线简化，连接区用结点表示，杆长用结点间距离表示，荷载作用点也转移到轴线上。

3. 杆件间连接简化

根据实际结构可简化为铰结点或刚结点。

4. 结构与基础间连接的简化

可简化为

- (1) 滚轴支座 被支承的部分可平移和转动,不能竖向移动。
- (2) 铰支座 被支承的部分仅可转动。
- (3) 定向支座 被支承的部分仅可沿一个方向平行滑动。
- (4) 固定支座 三个自由度均被固定。

5. 材料性质的简化

一般都简化为连续、均匀、各向同性、完全弹性或弹塑性的材料。

6. 荷载的简化

体积力或表面力均简化为作用在杆件轴线上的力,分为集中荷载和均布荷载。

三、杆件的分类

通常分为梁、拱、桁架、刚架、组合结构。

四、荷载的分类

根据作用时间的久暂,分为恒载和活载。根据作用性质,分为静力荷载和动力荷载。

五、学习方法

1. 加法

勤于积累、善于积累

2. 减法

概括、简化、提纲挈领

3. 善问

4. 会用

5. 创新

第2章

结构的几何构造分析

本章知识要点概述

1. 重点掌握平面体系几何构造分析的基本规律,能运用这些规律正确地判断是否属于不可变的。
2. 了解自由度的概念,能正确运用自由度公式确定体系的自由度或多余的约束数。

知识点归纳

一、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

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

2. 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) 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)处一个铰所起的约束作用,这个铰可称为瞬铰。

6. 无穷远处瞬铰

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连接方式

规律 1

一个刚片与一个点用两根链杆相连接,且其一个铰不在一直线上,则组成几何不变的整体且没有多余约束。

2. 两刚片之间的连接方式

规律 2

两个刚片一个铰和一根链杆相连,且三个铰不在一直线上,则组成几何不变的整体,且没有多余约束。

规律 3

两刚片用三根链杆相连,且三链杆不交于同一点,则组成几何不变的整体,且没有多余的约束。

3. 三刚片之间的连接方式

规律 4

三个刚片用三个铰两两相连,且三个铰不在一直线上,则组成几何不变的整体,且没有多余的约束。

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

$$\text{实际自由度 } S = a - c$$

$$\text{计算自由度 } W = a - d$$

$$\text{多余约束数 } n = d - c = S - W$$

2. 平面体系计算自由度的公式

$$(1) \text{ 刚片系 } W = 3m - (3g + 2h + b)$$

式中: m ——刚片数; g ——单刚结个数;

h ——单铰结个数; b ——单链杆根数。

$$(2) \text{ 链杆系 } W = 2j - b$$

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 $W > 0, S > 0$ 体系是几何可变。

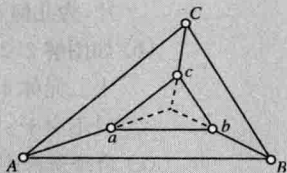
若 $W = 0, S = n$, 如无多余约束则为几何不变, 如有多余约束则为几何可变。

若 $W < 0, n > 0$, 体系有多余约束。

课后习题全解

2-1 试对例 2-1 图所示铰接链杆体系进行几何构造分析。

已知 $AB \parallel ab, BC \parallel bc, CA \parallel ca$ 。

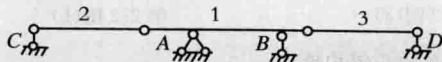


题 2-1 图

分析 根据已知条件, 由初等几何证明, Aa, Bb, Cc 的延长线交于一点, 如例 2-1 图所示, 故此体系为瞬变体系。

本题也可按三个刚片之间的连接来分析, 即将 Aa, Bb, Cc 三根链杆各视为一刚片, Aa 与 Bb 之间用 AB, ab 两平行链杆相连。 Bb 与 Cc 之间用 BC, bc 两平行链杆相连, Cc 与 Aa 之间用 CA, ca 两平行链杆相连, 三对平行链杆构成的虚铰都在无穷远处。在无穷远处的三个铰可看成是同在无限远处的一条直线上, 故此体系为瞬变体系。

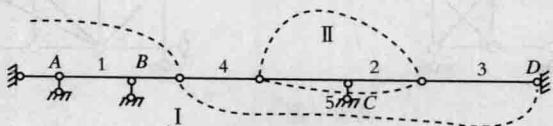
解题过程 (a) 如解 2-1 图(a) 所示, 杆 1 通过支座 A, B 与大地构成一个刚片, 把杆 2 与支座 C 及杆 3 与支座 D 构成的结构看作两个二元体, 加上二元体后, 不影响原结构的几何不变性, 所以体系为几何不变且无多余约束。



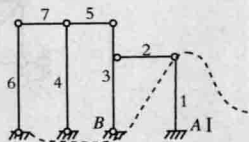
解 2-1 图(a)

(b) 如解 2-1 图(b) 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 相连, 几何可变。

(c) 如解 2-1 图(c) 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 相连, 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, 结构的几何性质不变, 所以整体为几何不变, 且无多余约束。

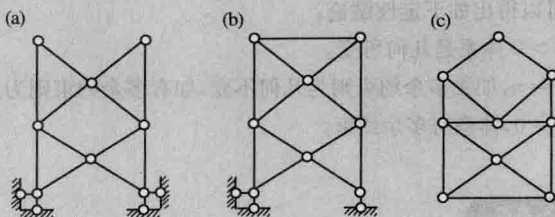


解 2-1 图(b)



解 2-1 图(c)

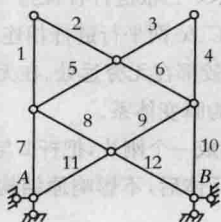
2-2 试分析图示体系的几何构造。



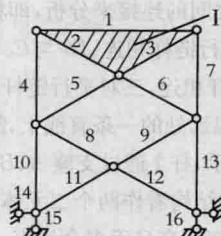
题 2-2 图

- 解题过程**
- (a) 如解 2-2 图(a)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。
- (b) 如图解 2-2 图(b)所示,杆 1,2,3 由不在一条直线上的三个铰相连,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 相连,所以为几何不变体系且无多余约束。
- (c) 合理选择刚片。去掉二元体 8,9,不予考虑。

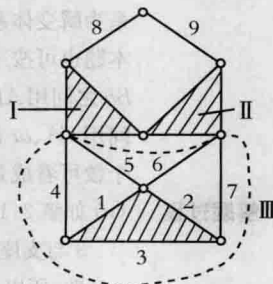
如解 2-2 图(c)所示刚片, I、II、III 由三铰相连,但三个铰在一条直线上,不满足规则要求,为瞬变体系。



解 2-2 图(a)

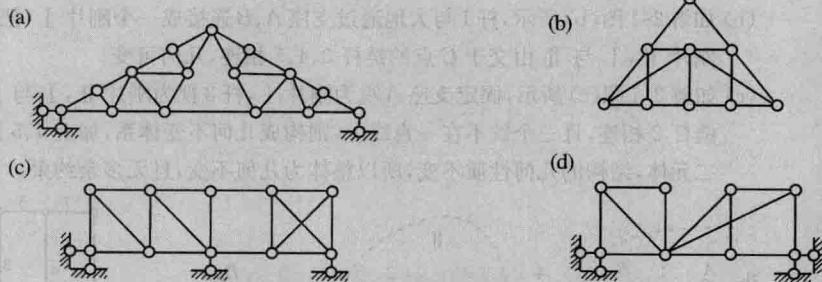


解 2-2 图(b)



解 2-2 图(c)

2-3 试分析图示体系的几何构造。

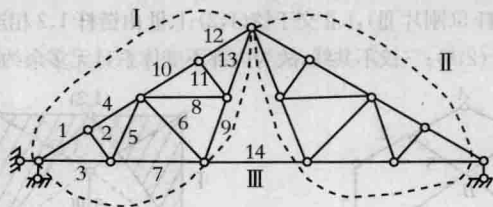


题 2-3 图

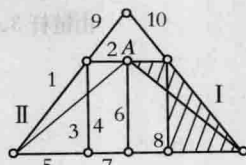
分析 (a) 当上部结构通过不平行且不交于一点的三链杆支座与大地相连时,可不考虑支座,仅考虑上部结构的几何性质。

(c) 注意对几何组成规律的灵活运用。

解题过程 (a) 如解 2-3 图(a) 所示,不考虑支座,左边杆 1、2、3 构成一个刚片,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的三个铰相连,所以为几何不变体系且无多余约束。



解 2-3 图(a)

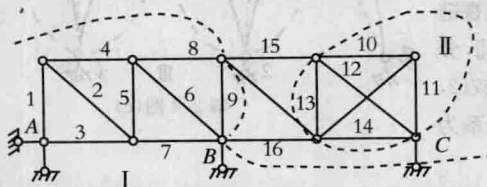


解 2-3 图(b)

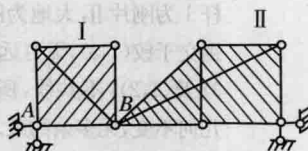
(b) 如解 2-3 图(b) 所示,杆 1、2、3 构成刚片,加上二元体 4、5、6、7;之后构成新刚片 II, II 与图示刚片 I 由铰 A 与链杆 8 相连,且杆 8 与铰不共线,故构成一个几何不变体系,链杆 9、10 视为二元体,则整体为内部不变,无多余约束。

(c) 如解 2-3 图(c) 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 相连构成刚片 II, I 与 II 由不交于一点且相互不平行的链杆 15、16 及支座链杆 C 相连,所以为几何不变体系,有 1 个多余约束。

(d) 如解 2-3 图(d) 所示,易看出刚片 I、II 由共线的 A、B、C 三铰相连,所以为瞬变体系。



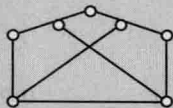
解 2-3 图(c)



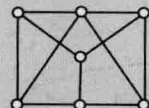
解 2-3 图(d)

2-4 试分析图示体系的几何构造。

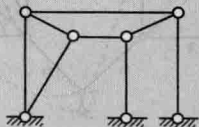
(a)



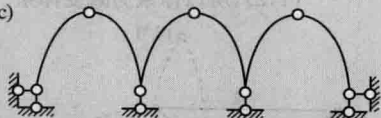
(b)



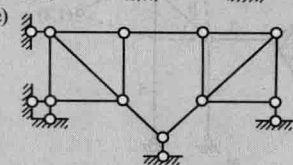
(d)



(c)



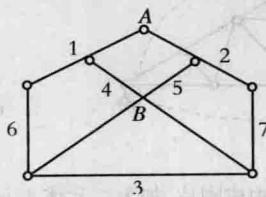
(e)



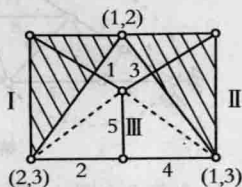
题 2-4 图

- 分析 (b) 注意对规律的熟练掌握。
 (c) 合理选择刚片及组成规律, 对解题十分重要。
 (d) 注意掌握无穷远处虚铰的处理。
 (e) 准确把握组成规律。

解题过程 (a) 如解 2-4 图(a)所示, 链杆 1、2、3 由三个铰相连, 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)。
 (b) 如解 2-4 图(b)所示杆 5(刚片 III), I、II 交于铰(1,2); I、III 由链杆 1、2 相连交于(1,3); II、III 由链杆 3、4 相连交于(2,3); 三铰不共线, 故为内部不变体系且无多余约束。

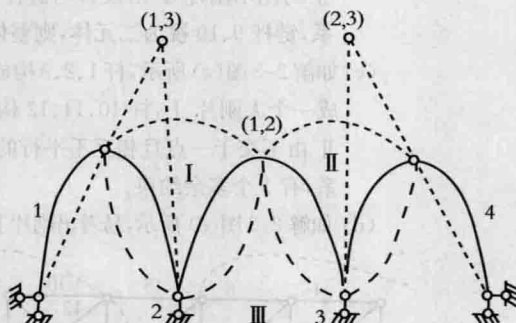


解 2-4 图(a)



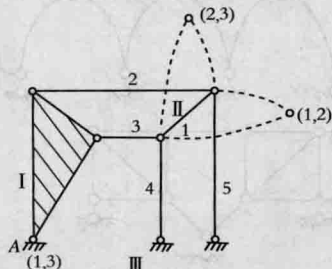
解 2-4 图(b)

(c) 如解 2-4 图(c)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连, 所以体系内部不变, 且无多余约束。



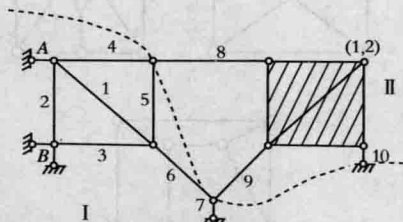
解 2-4 图(c)

(d) 如解 2-4 图(d)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, 所以体系为几何不变, 无多余约束。



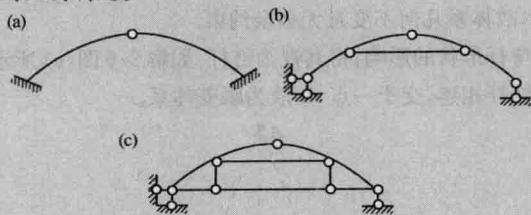
解 2-4 图(d)

(e) 如解 2-4 图(e)所示, 杆 1、2、3 构成刚片, 加上二元体 4、5 后与大地构成新刚片, 视 6、7 为二元体, 如图形成大刚片 I 及刚片 II, I 与 II 由链杆 8、9、10 相连, 交于一点(1,2), 所以体系为瞬变体系。



解 2-4 图(e)

2-5 试分析图示体系的几何构造。

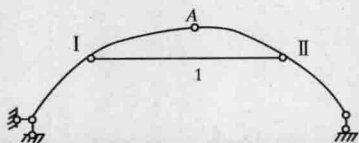


题 2-5 图

解题过程 (a) 如解 2-5 图(a)所示,刚片 I、II、III 交于不共线的三个铰,故体系为几何不变,有多余约束。

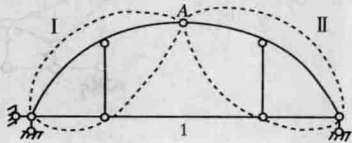


解 2-5 图(a)



解 2-5 图(b)

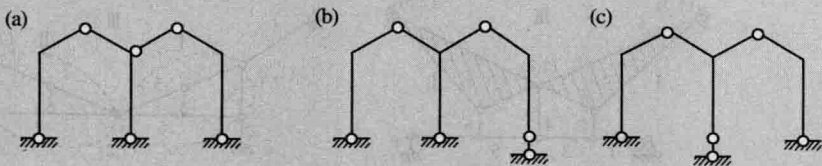
(b) 如解 2-5 图(b)所示,可不考虑支座作用,只考虑上部结构的几何性质。刚片 I、II 由铰 A 和杆 1 相连,且三个铰不在一条直线上,则构成一个几何不变体系,且无多余约束。



解 2-5 图(c)

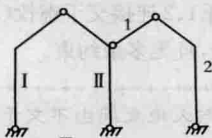
(c) 如解 2-5 图(c)所示,仅考虑上部体系的几何性质。左侧三刚片由不共线三个铰相连构成新刚片 I,同理有刚片 II, I 与 II 由铰 A 及杆 1 相连,故体系几何不变且无多余约束。

2-6 试分析图示体系的几何构造。

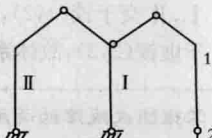


题 2-6 图

解题过程 (a) 如解 2-6 图(a)所示,刚片 I、II 及大地 III 由不共线的三个铰相连,几何不变,杆 1、2 视为二元体,故体系为几何不变且无多余约束。



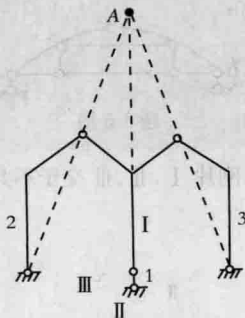
解 2-6 图(a)



解 2-6 图(b)

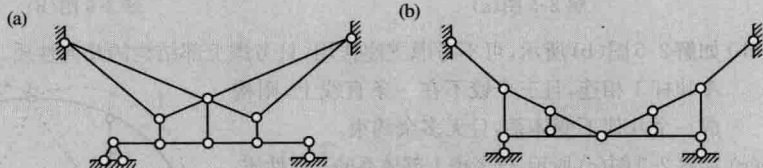
(b) 如解 2-6 图(b) 所示, 刚片 I、II、III 由三铰相连, 几何不变, 杆 1 及支座链杆 2 视为二元体, 故体系几何不变且无多余约束。

(c) 不要受弯杆形状的影响, 将其视为链杆。如解 2-6 图(c) 所示, 刚片 I 及大地刚片 II 由三个链杆相连, 交于一点 A, 故为瞬变体系。



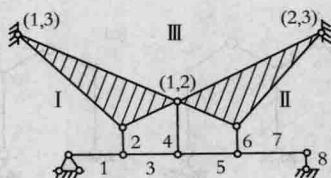
解 2-6 图(c)

2-7 试分析图示体系的几何构造。

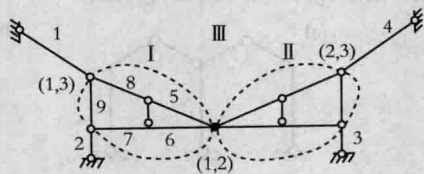


题 2-7 图

解题过程 (1) 如解 2-7 图(a) 所示, 刚片 I、II 及大地 III, 分别交于铰(1,2)、(1,3)、(2,3), 几何不变; 此外视 1、2、3、4、5、6、7、8 为二元体, 体系几何性质不变, 仍为几何不变体系, 且无多余约束。



解 2-7 图(a)



解 2-7 图(b)

(2) 考虑支座及大地的作用, 合理选择刚片。杆 5、6、7 构成一个刚片, 8、9 视为二元体, 构成如解 2-7 图(b) 所示刚片 I, 同理有刚片 II, I、II 与大地刚片 III 由三个铰相连, I、II 交于铰(1,2), I、III 由链杆 1、2 连接交于虚铰(1,3), II、III 由链杆 3、4 连接交于虚铰(2,3), 故体系为几何不变, 且无多余约束。

小结

掌握组成规律的运用, 上部结构与大地之间由不交于一点的三链杆相连时, 可仅考虑上部结构的几何性质; 除此情况之外, 一定要考虑支座及大地的作用。