



国内外经典教材辅导系列·理工类

龙驭球《结构力学 I》

(第3版)

笔记和课后习题 (含考研真题) 详解

主编：圣才考研网
www.100exam.com

买一
送三



140元大礼包

- 送1 3D电子书 (价值30元)
- 送2 3D题库【名校考研真题+课后习题+章节题库+模拟试题】
(价值40元)
- 送3 手机版【电子书/题库】 (价值70元)

说明：手机扫码 (本书右上角)，或者登录圣才学习网首页的【购书大礼包】
专区 (100xuexi.com/gift)，免费领取本书大礼包。

本书提供
名师考前
直播答疑

中国石化出版社

HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM

教·育·出·版·中·心

国内外经典教材辅导系列·理工类

龙驭球《结构力学 I》

(第3版)

笔记和课后习题(含考研真题)详解

主编：圣才考研网

www.100exam.com

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是国家“十二五”重点图书《结构力学 I》(第 3 版, 龙驭球主编, 高等教育出版社)的学习辅导书。本书遵循第 3 版的章目编排, 共分为 10 章, 每章由三部分组成: 第一部分为复习笔记, 总结本章的重难点内容; 第二部分为课后习题详解, 对第 3 版的课后习题进行了详细的分析和解答; 第三部分为名校考研真题详解, 精选名校近年的考研真题, 并提供了详细的解答。

圣才考研网(www.100exam.com)提供龙驭球《结构力学 I》网授精讲班【教材精讲+考研真题串讲】、3D 电子书、3D 题库。购书享受大礼包增值服务【30 元 3D 电子书+40 元 3D 题库+70 元手机版电子书/题库】。本书提供名师考前直播答疑, 手机电脑均可观看, 直播答疑在考前推出(具体时间见网站公告)。手机扫码(本书封面的二维码), 或者登录圣才学习网首页的【购书大礼包】专区(www.100xuexi.com/gift), 免费领取本书大礼包。

图书在版编目(CIP)数据

龙驭球《结构力学 I》(第 3 版)笔记和课后习题
(含考研真题)详解/圣才考研网主编. —北京:中国
石化出版社, 2015. 9
(国内外经典教材辅导系列·理工类)
ISBN 978-7-5114-3604-7

I. ①龙… II. ①圣… III. ①结构力学—研究生—入
学考试—自学参考资料 IV. ①O342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 214318 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者
以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

武汉市新华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 27.75 印张 704 千字

2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定价: 58.00 元

《国内外经典教材辅导系列·理工类》

编 委 会

主编：圣才考研网(www.100exam.com)

编委：黄 顺 胡 辉 娄旭海 邸亚辉 赵芳微
张月华 赵 蓓 胡 瑶 涂幸运 叶和琳
段承先 倪彦辉 万军辉 黄前海 余小刚

序 言

我国各大院校一般都把国内外通用的权威教科书作为本科生和研究生学习专业课程的参考教材,这些教材甚至被很多考试(特别是硕士和博士研究生入学考试)和培训项目作为指定参考书。为了帮助读者更好地学习专业课,我们有针对性地编著了一套与国内外教材配套的复习资料,并提供配套的名师讲堂和题库。

龙驭球主编的《结构力学 I》(第 3 版)(高等教育出版社)被列为国家“十二五”重点图书,是我国众多高校采用的力学类优秀教材,也被众多高校指定为“力学类”专业考研参考书目。

作为该教材的辅导书,本书具有以下几个方面的特点:

1. 整理名校笔记,浓缩内容精华。在参考了国内外名校名师讲授龙驭球《结构力学 I》的课堂笔记基础上,本书每章的复习笔记部分对该章的重难点进行了整理,因此,本书的内容几乎浓缩了配套教材的知识精华。

2. 解析课后习题,提供详尽答案。本书参考大量结构力学相关资料,对龙驭球《结构力学 I》(第 3 版)的课(章)后习题进行了详细的分析和解答。

3. 精选考研真题,巩固重难点知识。为了强化对重要知识点的理解,本书精选名校近年的考研真题,并提供详细的解答。所选考研真题基本涵盖了各个章节的考点和难点。

与本书相配套,圣才考研网提供龙驭球《结构力学 I》网授精讲班【教材精讲+考研真题串讲】、3D 电子书、3D 题库。

购买本书享受大礼包增值服务:手机扫码(本书封面的二维码),或者登录圣才学习网首页的【购书大礼包】专区(www.100xuexi.com/gift),免费领取本书大礼包。具体包括:①本书 3D 电子书(价值 30 元);②3D 题库【名校考研真题+课后习题+章节题库+模拟试题】(价值 40 元);③手机版【电子书/题库】(价值 70 元)。本书提供名师考前直播答疑,手机电脑均可观看,直播答疑在考前推出(具体时间见网站公告)。

圣才考研网(www.100exam.com)是圣才学习网旗下的考研考博专业网站,提供全国各高校理工类专业考研考博辅导班【一对一辅导(面授/网授)、网授精讲班等】、3D 电子书、3D 题库(免费下载,送手机版)、全套资料(历年真题及答案、笔记讲义等)、理工类国内外经典教材名师讲堂、考研教辅图书等。

考研辅导: www.100exam.com (圣才考研网)

官方总站: www.100xuexi.com (圣才学习网)

圣才学习网编辑部

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 复习笔记	(1)
1.2 课后习题详解	(2)
1.3 名校考研真题详解	(2)
第2章 结构的几何构造分析	(3)
2.1 复习笔记	(3)
2.2 课后习题详解	(5)
2.3 名校考研真题详解	(14)
第3章 静定结构的受力分析	(23)
3.1 复习笔记	(23)
3.2 课后习题详解	(29)
3.3 名校考研真题详解	(89)
第4章 影响线	(100)
4.1 复习笔记	(100)
4.2 课后习题详解	(104)
4.3 名校考研真题详解	(130)
第5章 虚功原理与结构位移计算	(142)
5.1 复习笔记	(142)
5.2 课后习题详解	(148)
5.3 名校考研真题详解	(176)
第6章 力 法	(183)
6.1 复习笔记	(183)
6.2 课后习题详解	(188)
6.3 名校考研真题详解	(225)
第7章 位移法	(238)
7.1 复习笔记	(238)
7.2 课后习题详解	(244)
7.3 名校考研真题详解	(278)
第8章 渐近法及其他算法简述	(293)
8.1 复习笔记	(293)
8.2 课后习题详解	(297)

8.3 名校考研真题详解	(334)
第9章 矩阵位移法——结构矩阵分析基础	(346)
9.1 复习笔记	(346)
9.2 课后习题详解	(353)
9.3 名校考研真题详解	(384)
第10章 结构动力计算基础	(394)
10.1 复习笔记	(394)
10.2 课后习题详解	(403)
10.3 名校考研真题详解	(423)

第1章 绪 论

1.1 复习笔记

一、结构力学的学科内容和教学要求

1. 结构

建筑物、工程中承受和传递荷载而起骨架作用的部分。从几何角度上可分为杆件结构、板壳结构、实体结构三类。

2. 结构力学研究内容

- (1) 结构力学的研究对象，主要是杆件结构；
- (2) 结构力学的研究任务，是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和受力性能；
- (3) 结构力学的研究方法，包含理论分析、实验研究和数值计算三个方面；
- (4) 结构力学的基本方程，包含力系的平衡方程或运动方程、变形与位移间的几何方程和应力与变形间的物理方程(本构方程)。

3. 能力培养

包括分析能力、计算能力、自学能力、表达能力。

二、结构的计算简图和简化要点

1. 结构的计算简图

计算中需要寻求一个简化的图形来代替实际结构，这个图就称为结构的计算简图。它的确定原则：

- (1) 从实际出发，即要反映结构的主要受力特征；
- (2) 分清主次，略去细节，以便于计算。

2. 简化要点

- (1) 结构体系，常略去次要空间约束，简化为平面结构计算；
- (2) 杆件用轴线简化，杆件间的连接区用结点表示，杆长用结点间距离表示，荷载作用点也转移到轴线上；
- (3) 杆件间的连接区，根据实际情况简化为铰结点或刚结点；
- (4) 结构和基础连接，一般简化为滚轴支座、铰支座、定向支座、固定支座；
- (5) 材料性质，一般简化为连续、均匀、各向同性、完全弹性或弹塑性的材料；
- (6) 荷载，均简化为作用在杆件轴线上，分为集中荷载和均布荷载。

三、杆件、杆件结构、荷载的分类

1. 杆件

通常分为梁、拱、桁架、刚架、组合结构。

2. 杆件结构

- (1) 根据空间特性，分为平面结构和空间结构；
- (2) 根据计算特性，分为静定结构、超静定结构。

3. 荷载

- (1) 根据作用时间, 分为恒载和活载;
- (2) 根据作用性质, 分为静力荷载和动力荷载。

四、学习方法

- (1) 加——广采厚积, 织网生根(博学);
- (2) 减——去粗取精, 弃形取神(学识);
- (3) 问——知惑解惑, 开启迷宫(学问);
- (4) 用——实践检验, 多用巧生(学习);
- (5) 创新——觅真理立巨人肩上, 出新意于法度之中(读破)。

1.2 课后习题详解

本章无课后习题。

1.3 名校考研真题详解

本章不是考研复习重点, 暂未编选名校考研真题, 若有最新真题会在下一版中及时更新。

第2章 结构的几何构造分析

2.1 复习笔记

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，该体系称为几何不变体系，否则称为几何可变体系。

2. 自由度

(1) 表述1

一个体系运动时能产生的独立运动方式的个数称为自由度的个数。

(2) 表述2

一个体系运动时可以独立改变的坐标数目为自由度的个数。

注：凡是自由度的个数大于零的体系都是几何可变体系。

3. 约束与多余约束

(1) 约束：减少体系自由度的装置。

一个支杆相当于一个约束；一个铰相当于两个约束；一个刚结点相当于三个约束。

(2) 多余约束：不能减少体系自由度的约束。

一个体系有多个约束时，只有非多余约束对体系的自由度有影响。

4. 瞬变体系与常变体系

(1) 一个几何可变体系发生微小的位移后，在短暂的瞬时转换成几何不变体系，称为瞬变体系；

(2) 如果一个几何可变体系可以发生大位移，则称为常变体系。

注1：瞬变体系仍属于可变体系，是可变体系的特例。可变体系包含瞬变体系与常变体系。

注2：一般来说，在任一瞬变体系中必然存在多余约束，即瞬变体系既是可变体系，又是有多余约束的体系。

5. 瞬铰

两根不平行的链杆连接两个刚片，两杆的延长线交于点 O ，则两杆的约束相当于在 O 点起一个铰的作用，这个铰称为瞬铰。

(1) 在某刚片发生微小转动时，此刚片的瞬时运动与此刚片在 O 点用铰与另一刚片相连接时的运动情况完全相同；

(2) 在刚片运动的过程中，与两根链杆相应的瞬铰也随着在改变。

6. 无穷远处的瞬铰

(1) 两根平行的链杆连接两个刚片，瞬铰在无穷远处。此时，刚片可以有瞬时平动。

(2) 射影几何中关于 ∞ 点和 ∞ 线的四点结论：

① 每个方向有一个 ∞ 点；

② 不同方向有不同的 ∞ 点；

③各 ∞ 点都在同一 ∞ 线上;

④各有限点都不在 ∞ 线上。

二、平面几何不变体系的组成规律——铰结三角形规律

1. 三个点之间的连接方式

不共线的三个点用三根链杆两两相连,则所组成的铰结三角形体系是一个几何不变的整体,且没有多余约束。

2. 一个点与一个刚片之间的连接方式

一个刚片与一个点用两根链杆相连,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。

3. 两个刚片之间的连接方式

两个刚片用一个铰和一根链杆相连接,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。

4. 三个刚片之间的连接方式

(1)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,且没有多余约束;

(2)两个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,且没有多余约束。

5. 将5种基本组成规律归结为三种装配格式

(1)固定一个结点的装配格式;

(2)固定一个刚片的装配格式;

(3)固定两个刚片的装配格式。

6. 装配思路

(1)从基础出发

视基础为基本刚片,将周围部件由近及远、由小到大逐级装配,直至形成整体体系。

(2)从内部刚片出发

在体系内部选取刚片为基本刚片,将周围部件逐级装配,最后将扩大刚片与地基装配,形成整体体系。

三、平面杆件体系的计算自由度

1. 计算方法

(1)把体系看作由许多刚片受铰结、刚结和链杆的约束而组成的,则

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

(2)把体系看作由许多结点受链杆的约束而组成的,则

$$W = 2j - b$$

(3)采用混合法,则

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

式中, m 表示体系中刚片的个数, j 代表结点个数, g 代表单刚结点个数, h 代表单铰结点个数, b 代表单链杆根数。

2. 对计算自由度结果的分析

(1)若 $W > 0$,则 $S > 0$,体系是几何可变的;

(2)若 $W = 0$,则 $S = n$,如无多余约束则为几何不变,否则为几何可变;

(3)若 $W < 0$,则 $n > 0$,体系有多余约束,但是不能判断是否为几何不变体系。

2.2 课后习题详解

2-1 试分析图 2-2-1 所示体系的几何构造。

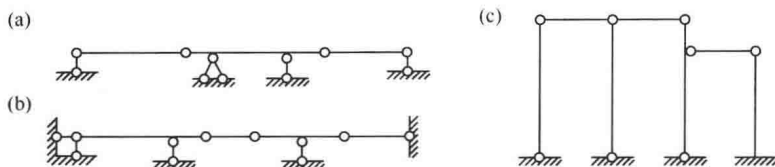


图 2-2-1

解：(1) 如图 2-2-2 所示， ABC 和 DEF 为两个二元体，可以撤除，剩下的杆 CD 通过不共点的三链杆与基础相连，形成几何不变体，二元体不影响原结构的几何不变性，故体系为几何不变体系，且无多余约束。

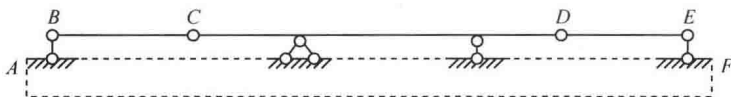


图 2-2-2

(2) 如图 2-2-3 所示，刚片 AB 通过不共点三链杆 1、2、3 与基础相连，形成几何不变体。将刚片 AB 和基础视为基础，刚片 CD 通过链杆 BC 、 DE 及链杆 4 与基础相连，但是这三链杆交于同一点，即链杆 4 与刚片 CD 的交点，故体系为有一个多余约束的瞬变体系。

注：瞬变体系必定有多余约束。



图 2-2-3

(3) 如图 2-2-4 所示， ABC 和 DCE 为二元体，将其撤除，视刚片 HI 与地基固结为一个基础，刚片 EG 、 FH 通过不共线的三个铰 G 、 F 、 H 与基础相连，形成几何不变体，二元体不影响原结构的几何不变性，所以该体系为几何不变体系，且无多余约束。

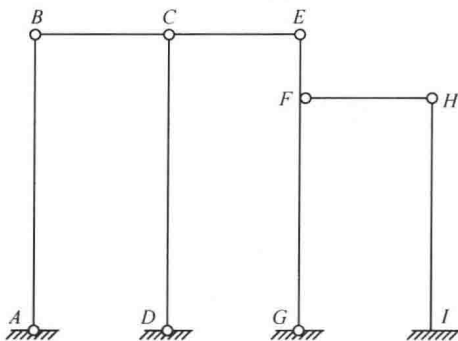


图 2-2-4

2-2 试分析图 2-2-5 所示体系的几何构造。

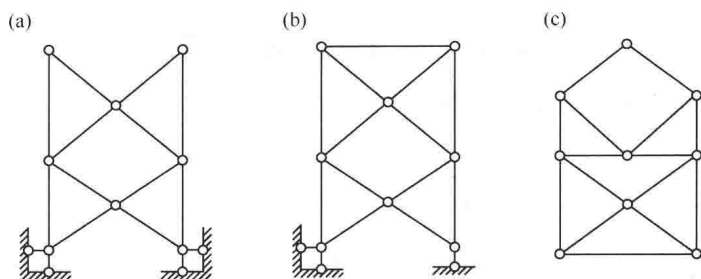


图 2-2-5

解：(1)如图 2-2-6(a)所示，将刚片 1 和 2、刚片 3 和 4、刚片 5 和 6、刚片 7 和 8、刚片 9 和 10、刚片 11 和 12 视为二元体，将其依次撤除，只剩下大地基础，故体系为几何不变体系，且无多余约束。

(2)如图 2-2-6(b)所示，杆 2、4、10 通过不共线的三个铰相连，构成一个刚片 a，同理可构成刚片 b、c、d，刚片 a、b 与杆 1 通过不共线的三个铰相连构成一个几何不变体，且无多余约束，并与刚片 c、d 通过不共线的三个铰相连构成几何不变体，再与基础通过不共点的三个链杆 14、15、16 相连构成几何不变体，故体系为几何不变体系，且无多余约束。

(3)如图 2-2-6(c)所示，下部由基本三角形 I、II 和 III 组成，为几何不变体系，可视作为一个大的刚片，上部依次拆除二元体 1 和 2、3 和 4、5 和 6，刚片 7 和 8 与下部大的刚片通过共线的三铰相连，形成瞬变体，故体系为有一个多余约束的瞬变体系。

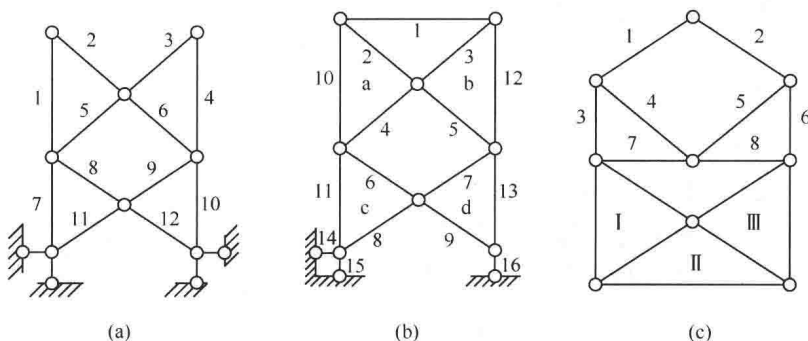


图 2-2-6

2-3 试分析图 2-2-7 所示体系的几何构造。

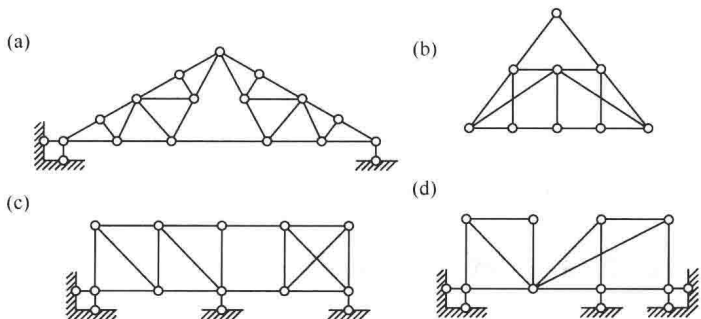


图 2-2-7

解：(1)如图 2-2-8(a)所示， $\triangle ABC$ 是通过基本三角形和增加二元体形成的，是一个几何不变体，视为一个刚片，同理， $\triangle ADE$ 也可视为一个刚片，刚片 ABC 、 ADE 通过不共线的三铰 A 、 C 、 D 与刚片 CD 连在一起形成一个几何不变体 $\triangle ABE$ ，而整个上部 $\triangle ABE$ 结

构与基础通过不平行且不相交于一点的三链杆与支座相连，故体系为几何不变体系，且无多余约束。

(2) 如图 2-2-8(b) 所示，视基本三角形 GHE 为一刚片，则追加二元体 HD 和 DE 、 CD 和 CG ，则可视 $GCDEH$ 为一大刚片，同理左侧的基本三角形 ABF 和二元体 GA 和 GF 形成一个大的刚片，这两个大刚片通过不在同一直线上的铰 G 、 B 、 C 与刚片 BC 相连，形成几何不变体，再加上上部的二元体 IF 和 IH ，故整体为几何不变体系，且无多余约束。

(3) 如图 2-2-8(c) 所示， $ABCFED$ 为基本三角形和二元体组成，与基础通过不相互平行且不相交于一点的三链杆相连，可一起视为刚片 I， $GHKJ$ 为基本 $\triangle HGK$ 和二元体 GJH 组成几何不变体，且多一约束 HJ ，视为刚片 II，则两刚片通过不平行且不交于一点的链杆 CG 、 FJ 和 K 处下部链杆相连，故体系为几何不变体系，且有一多余约束。

(4) 如图 2-2-8(d) 所示，左部分 $ABDC$ 由基本三角形和二元体组成，视为刚片 I，右侧刚片 DEF ，并依次追加二元体 DGE 、 GHF ，一起视为刚片 II，则刚片 I 和 II 与基础通过共线的三铰 D 、 C 、 H 相连， GI 为多余约束，故体系为有两个多余约束的瞬变体系。

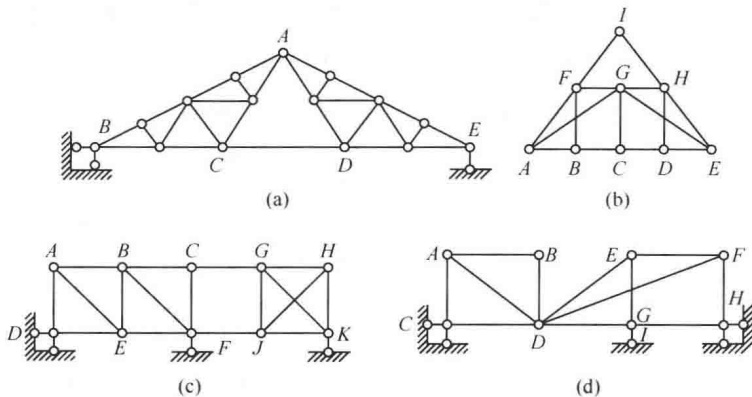


图 2-2-8

2-4 试分析图 2-2-9 所示体系的几何构造。

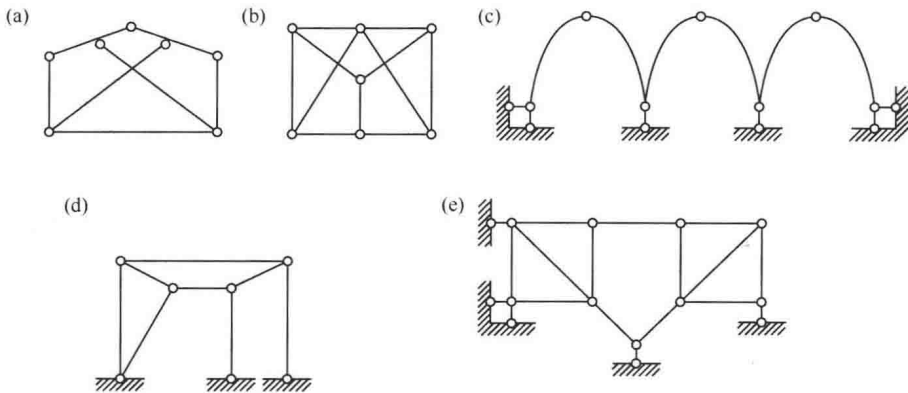


图 2-2-9

解：(1) 如图 2-2-10(a) 所示，视链杆 AB 、 BC 和 DE 分别为刚片 I、II 和 III，则三刚片由实铰 B 和虚铰 O' 、 O 相连，若 O' 、 O 和 B 不在一条直线上，则体系为几何不变体系，且无多余约束，反之则为有一个多余约束的瞬变体系。

(2) 如图 2-2-10(b) 所示，分别视基本 $\triangle ABC$ 和 $\triangle CDE$ 为刚片 I 和 II，视链杆 FG 为

刚片Ⅲ，则刚片Ⅰ和Ⅱ通过铰 C 相连，刚片Ⅰ和Ⅲ通过交于 E 点的链杆 AG 和 BF 相连，相当于一个瞬铰在 E 点。同理，刚片Ⅱ和Ⅲ通过交于 A 点的链杆 GE 和 DF 相连，相当于一个瞬铰在 A 点，则三刚片通过不共线的三铰相连，故体系为几何不变体系，且无多余约束。

(3)如图2-2-10(c)所示，分别视 AEB 和 BFC 为刚片Ⅰ和Ⅱ，视基础为刚片Ⅲ，则刚片Ⅰ和Ⅱ通过铰 B 相连，刚片Ⅰ和Ⅲ通过链杆 AD 和铰 E 处的链杆形成的瞬铰 O 相连，刚片Ⅱ和Ⅲ通过链杆 CG 和铰 F 处的链杆形成的瞬铰 O' 相连，则三刚片由不共线的三铰 O 、 O' 、 B 相连，故体系为几何不变体系，且无多余约束。

(4)如图2-2-10(d)所示，视三角形 AEC 和链杆 BD 为刚片Ⅰ和Ⅱ，视基础为刚片Ⅲ，则刚片Ⅰ和Ⅱ通过无穷远的瞬铰 O_{12} 相连，刚片Ⅱ和Ⅲ通过无穷远的瞬铰 O_{23} 相连，刚片Ⅰ和Ⅲ通过实铰 E 相连，则三刚片通过一个实铰 E 和不同方向的两无穷远的瞬铰相连，故体系为几何不变体系，且无多余约束。

(5)如图2-2-10(e)所示，由基本三角形组成的刚片 $ABDC$ 与基础通过不共线且不交于一点的三链杆相连组成了不变体系，追加二元体 ED 和 E 处基础链杆，仍为不变体系，则视它们一起为刚片Ⅰ，视由基本三角形组成的 $FGHK$ 为刚片Ⅱ，则两刚片由交于 G 点的三链杆 BF 、 EH 和 K 处链杆相连，故体系为有一个多余约束的瞬变体系。

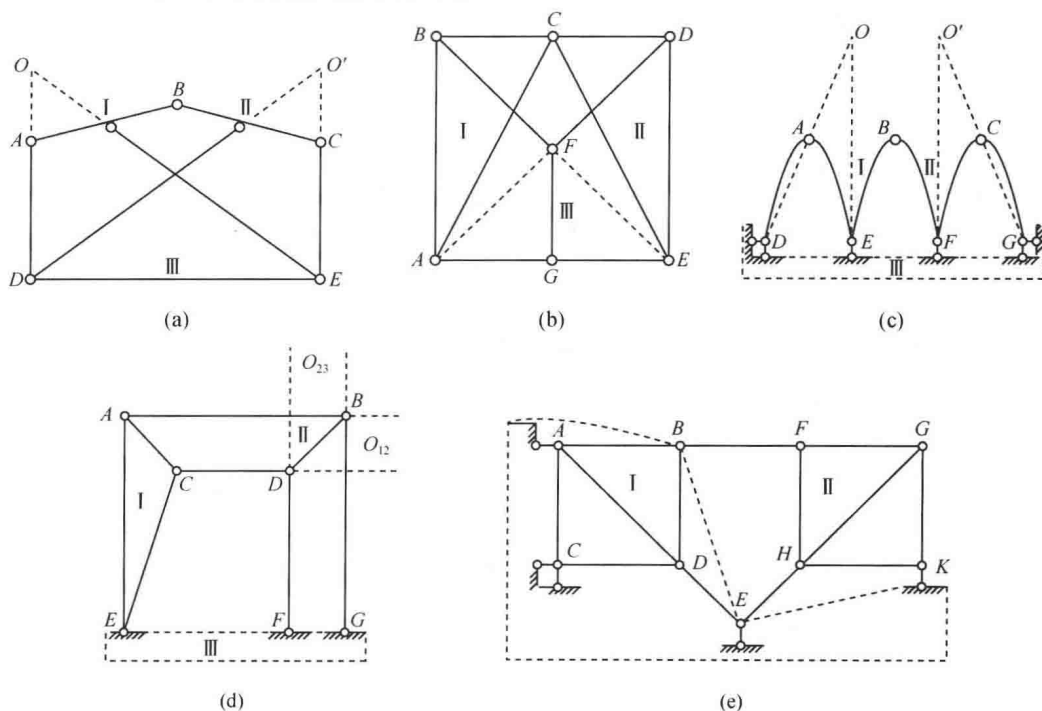


图 2-2-10

2-5 试分析图 2-2-11 所示体系的几何构造。

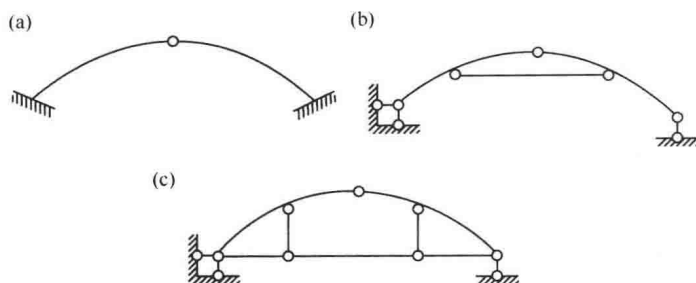


图 2-2-11

解：(1) 如图 2-2-12(a) 所示，去掉中间的铰 C ，则两边体系均为几何不变体系，铰 C 为多余的两个约束，故整个体系为几何不变体系，有两个多余约束。

(2) 如图 2-2-12(b) 所示，整个上部结构与基础通过不平行且不相交于一点的三链杆支座相连，故可以直接考虑上部结构的几何特性，刚片 AB 、 BC 和 DE 通过不共线的三铰 B 、 D 、 E 相连，故体系为几何不变体系，且无多余约束。

(3) 如图 2-2-12(c) 所示，同图 (b) 可知，只需考虑除基础的结构，刚片 AB 、 BD 和 DC 通过不共线的三铰 D 、 B 、 C 相连，则 $ABDC$ 可视为刚片 I，同理 $AFGE$ 视为刚片 II，则两刚片通过不共线的三铰 A 、 D 、 G 和刚片 DG 相连，故组成不变体系，所以体系为几何不变体系，且无多余约束。

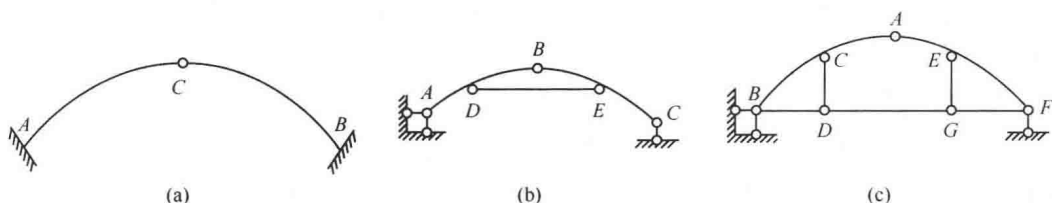


图 2-2-12

2-6 试分析图 2-2-13 所示体系的几何构造。

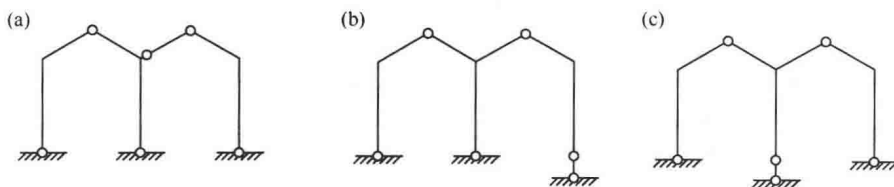


图 2-2-13

解：(1) 如图 2-2-14(a) 所示，依次拆除二元体 EDF 、 BAC ，只剩下基础，故体系为几何不变体系，且无多余约束。

(2) 如图 2-2-14(b) 所示，刚片 AB 、 BCD 和基础通过不共线的三铰 B 、 A 、 D 两两相连，构成几何不变体，再加上右边的二元体 CEF ，故体系为几何不变体系，且无多余约束。

(3) 如图 2-2-14(c) 所示，刚片 BCE 通过交于一点 O 的三链杆 AB 、 CD 和 EF 与基础相连，故体系为有一个多余约束的瞬变体系。

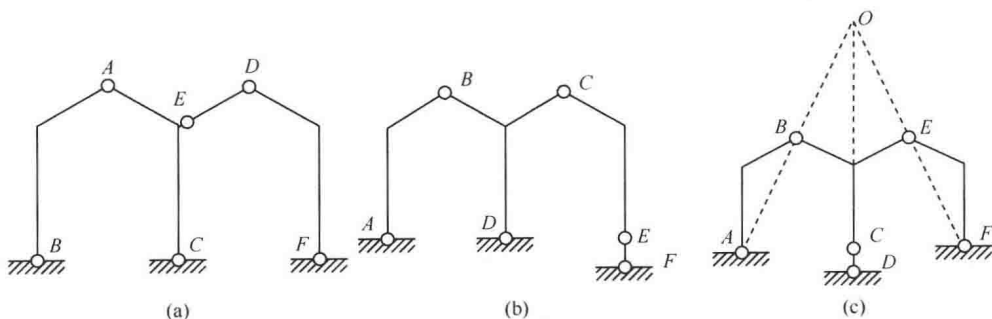


图 2-2-14

2-7 试分析图 2-2-15 所示体系的几何构造。

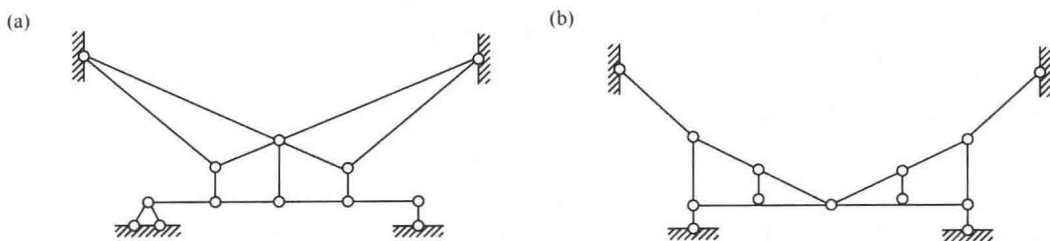


图 2-2-15

解：(1) 如图 2-2-16(a) 所示，刚片 ABD 、刚片 CBE 和基础通过不共线的三铰 A 、 B 、 C 相连，构成几何不变体，再加上不影响几何结构不变性的二元体 IKM 、 EIH 、 BHG 、 DGF ，则体系为几何不变体系，且无多余约束。

(2) 如图 2-2-16(b) 所示，易知 ABC 和 CDE 均为几何不变体，视刚片 ABC 和 CDE 分别为 I 和 II，视基础为刚片 III，则三刚片通过不共线的实铰 C 和瞬铰 A 、 E 相连，故体系为几何不变体系，且无多余约束。

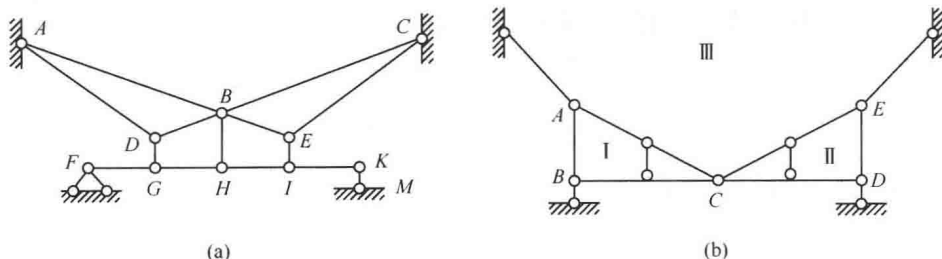


图 2-2-16

2-8 试分析图 2-2-17 所示体系的几何构造。

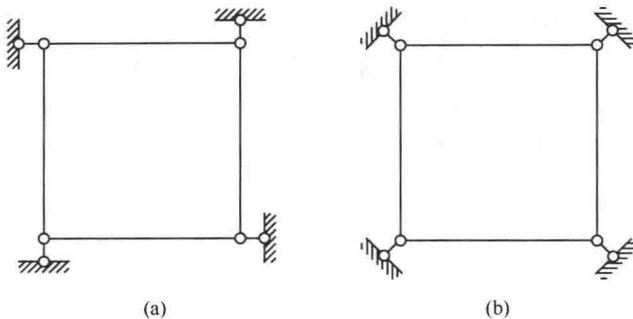


图 2-2-17