

高校经典教材配套考研辅导系列

结构力学

题解精粹

徐吉恩 毛云 编著



中国地质大学出版社

结构力学题解精粹

徐吉恩 毛 云 编著

中国地质大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

结构力学题解精粹/徐吉恩、毛云 编著. —武汉:中国地质大学出版社,
2003.12

ISBN 7-5625-1831-9

I. 结…

II. ①徐…②毛…

III. 题解-精粹-结构力学

IV. O3

结构力学题解精粹

徐吉恩 毛云 编著

责任编辑:段连秀 薛厚明

技术编辑:阮一飞

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路388号) 邮编:430074

电话:(027)87483101 传真:87481537 E-mail:cho@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cn>

开本:850毫米×1168毫米 1/32

字数:288千字 印张:11.5

版次:2004年1月第1版

印次:2005年3月第2次印刷

印刷:武汉市教文印刷厂

印数:6001-8000册

ISBN7-5625-1831-9/O·60

定价:18.60元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

本书取材于近几年我国二十余所重点大学招收攻读硕士研究生的结构力学入学试题(除个别自拟题外),共精选 304 个。逐题做出了较为详细的分析解答,并按课程大纲要求系统分类加以编排。本书基本体现了工科结构力学教学大纲的要求,也有一定数量的题目高于大纲规定的水平。这些题目多有灵活与综合的特点,有一定的难度和代表性,对加深理解、巩固新学知识、开阔思路以及培养分析问题的能力和提高解题技巧,都会大有帮助。

本书对报考攻读硕士研究生结构力学考试的各类读者以及各类有关专业的老师、学生、工程技术人员也有一定的参考价值。

本书共 11 章,每章内容包括考点综述、经典题解两部分。着重指出每章考试重点、解题方法与技巧,指出易混淆的概念和计算中易犯错误。最后给出了两套真题模拟试题及参考答案,以供读者自测。

本书第 6、7、8、9 章由徐吉恩编写,其余各章及真题模拟试题部分由毛云编写。阮班昌参加部分题目校核工作。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章	平面结构的几何构造分析	(1)
1.1	考点综述	(1)
1.2	经典题解	(3)
第 2 章	静定结构的内力计算	(21)
2.1	考点综述	(21)
2.2	经典题解	(23)
第 3 章	结构位移计算	(79)
3.1	考点综述	(79)
3.2	经典题解	(80)
第 4 章	影响线	(104)
4.1	考点综述	(104)
4.2	经典题解	(105)
第 5 章	力 法	(125)
5.1	考点综述	(125)
5.2	经典题解	(127)
第 6 章	位移法	(171)
6.1	考点综述	(171)
6.2	经典题解	(173)
第 7 章	渐近法	(208)
7.1	考点综述	(208)
7.2	经典题解	(212)
第 8 章	矩阵位移法	(244)
8.1	考点综述	(244)
8.2	经典题解	(247)

第 9 章 结构动力计算	(285)
9.1 考点综述	(285)
9.2 经典题解	(291)
第 10 章 结构的稳定计算	(330)
10.1 考点综述	(330)
10.2 经典题解	(331)
第 11 章 极限荷载	(336)
11.1 考点综述	(336)
11.2 经典题解	(336)
真题模拟试卷	(341)
真题模拟试卷参考答案	(351)

第1章 平面结构的几何构造分析

1.1 考点综述

【综述】

1. 几何不变体系、几何可变体系、瞬变、常变、多余约束、瞬铰(虚铰)、二元体的概念。

2. 平面几何不变体系的组成规律(三角形规律)。

(1) 一个刚片与一个点用两根链杆相连,且三铰不在一条直线上,则组成几何不变的整体,并且没有多余约束。

(2) 两个刚片用一个铰和一根链杆相联结,且三铰不在一条直线上,则组成几何不变的整体,并且没有多余约束。

(3) 三个刚片用三个铰两两相连,且三铰不在一条直线上,则组成几何不变的整体,并且没有多余约束。

(4) 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,并且没有多余约束。

3. 二元体规则——在一个体系上增加或拆除二元体,不会改变原有体系的几何构造性质。

4. 瞬铰在无穷远处(针对三刚片体系)。

(1) 一个瞬铰在无穷远处时,如果组成此无穷远瞬铰的两平行链杆与另外两铰的连线不平行,则组成几何不变的整体;若平行则为瞬变;特殊情况下若两平行链杆及另两铰的连线平行且等长,则为常变。

(2) 两个瞬铰在无穷远处时,如果组成两无穷远瞬铰的两对

平行链杆互不平行,则体系为几何不变;若两对平行链杆相互平行则为瞬变,特殊情况下,若四杆平行且等长,则为常变。

(3) 三个瞬铰在无穷远处时,体系为瞬变,特殊情况下若三对平行链杆等长,则为常变。

5. 计算自由度 W , 当 $W > 0$ 时, 体系为几何可变。当 $W \leq 0$ 时, 不能立即判断体系是几何不变还是几何可变, 需要再进行几何构造分析。

【方法与技巧】

1. 利用二元体的特点, 拆二元体可以把复杂的体系化简, 增加二元体可以扩大刚片(题 4, 5)。

2. 把基础作为一个刚片, 按照平面几何不变体系的组成规律从基础出发进行装配(题 16)。

3. 从内部出发利用平面几何不变体系的组成规律进行装配, 最后再与地基装配起来(题 2, 9, 11, 17)。

4. 当支座约束多于 3 个时, 多数情况下要把地基作为一个刚片, 然后在体系内部选两个刚片, 使三个刚片两两之间有一个铰联结(包括两根链杆形成的瞬铰), 利用三刚片规则, 若三铰不共线, 则为几何不变体系(题 1, 3, 7, 8, 10, 12, 18 等)。

5. 对于有瞬铰在无穷远处的情况, 利用前面所讲的三种情况分别判断, 或者利用射影几何中的关于 ∞ 点和 ∞ 线的四个结论来判断:

- (1) 每个方向有一个 ∞ 点。
- (2) 不同方向有不同的 ∞ 点。
- (3) 各 ∞ 点在一条直线上, 此直线为无穷远线。
- (4) 各有限点都不在 ∞ 线上。

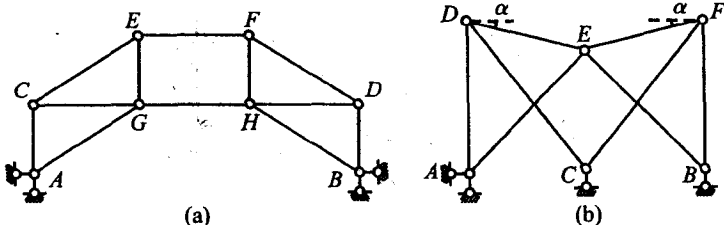
6. 对于折杆或曲杆可以转化成链杆 

(题 3, 4, 18, 19 等)。

7. 有的情况可以先计算出体系的“计算自由变 W ”, 若 $W > 0$, 则能马上得出结论为几何可变, 但 $W \leq 0$ 时, 仍需进行几何构造分析。 $W =$ 各部件的自由度总和 - 全部约束的个数, 1 个单刚结为 3 个约束, 1 个单铰结为 2 个约束, 1 根链杆为 1 个约束, n 个刚片之间的刚结(铰结) 相当于 $(n - 1)$ 个单刚结(单铰结)(题 10、11)。

1.2 经典题解

1. (清华大学 1996 年) 对图示平面体系进行几何构造分析



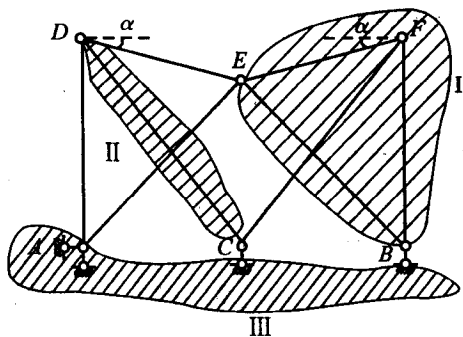
[b 图中当 $\alpha \neq 0$ 及 $\alpha = 0$ 分别讨论]

解: 1. (a) 图: 首先, 三角形 ACG 构成一个无多余约束的刚片, 然后在此基础上增加二元体形成 $AGEC$, 成为一个更大的刚片称为 I, 同理, $BDFH$ 也构成一个大刚片称为 II, 基础作为刚片 III, 则 I 与 II 之间由两根平行链杆 EF 、 GH 连接, 相当于无穷远处的瞬铰 $O_{I II}$, I 与 III 之间用铰 A 连接, II 与 III 之间用铰 B 连接, 由于构成瞬铰 ($O_{I II}$ 的两平行链杆与铰 A 、 B 的连线平行), 故体系为

瞬变体系。

此题关键是搞清楚有一个瞬铰在无穷远处的情况下连接三刚片的三个铰是否共线,如果组成无穷远瞬铰的两平行链杆与另二铰的连线不平行,则体系为几何不变;若平行则体系为瞬变。(见[综述]4)。

2. (b) 图: 三角形 BEF 构成一个无多余约束的刚片 I, DC 杆作为刚片 II, 基础作为刚片 III, 则 I 与 II 之间用 DE 、 CF 两杆连接, 相当于瞬铰 $O_{I\text{II}}$, I 与 III 之间用 B 处支座链杆和 AE 杆连接, 相当于瞬铰 $O_{I\text{III}}$, II、III 之间通过 AD 杆和 C 处的支座链杆连接, 相当于无穷远处的瞬铰 $O_{II\text{III}}$ 。



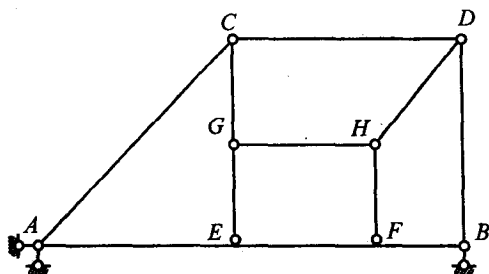
当 $\alpha \neq 0$ 时, 瞬铰 $O_{I\text{II}}$, $O_{I\text{III}}$, $O_{II\text{III}}$ 不共线, 故原体系为几何不变体系并且无多余约束。

当 $\alpha = 0$ 时, 瞬铰 $O_{I\text{II}}$, $O_{I\text{III}}$ 连成的直线与形成无穷远处瞬铰 $O_{II\text{III}}$ 的两链杆平行, 故体系为瞬变体系。

此题关键在于选好刚片, 由于有四根支座链杆, 所以要把基础放进来一起考虑, 一般这种情况下基础要作为一个刚片, 另外两个刚片从体系的杆件中寻找。

2. (浙江大学 1999 年) 图示体系是 _____ 体系。

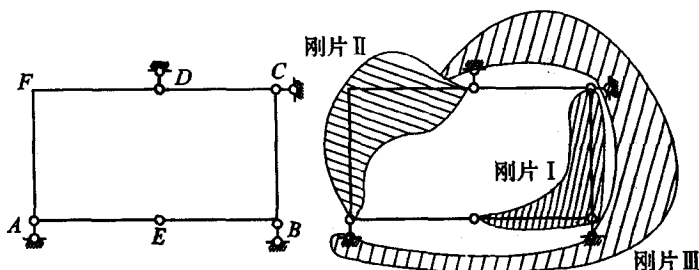
第 1 章 平面结构的几何构造分析



解:把 AB 杆作为刚片 I, GH 杆作为刚片 II, CD 作为刚片 III, 则三个刚片之间两两分别由两根链杆连接形成三个瞬铰, 且三铰不共线, 故形成一个大刚片, 此大刚片再与地基用三根链杆连接最终形成无多余约束的几何不变体系。

3. (浙江大学 2000 年) 图示体系的几何组成为: ()

- A. 几何不变, 无多余约束 B. 几何不变, 有多余约束
C. 瞬变体系 D. 常变体系



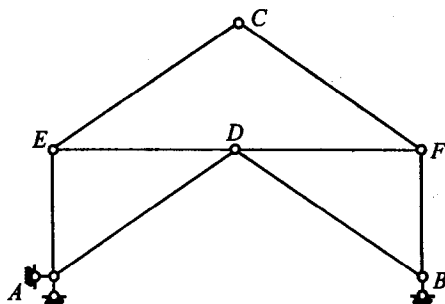
解:此题要看清题目, B 处的支座链杆并没有将 EBC 段杆件分成两块, 因此, EBC 段看成一个刚片, 记为刚片 I, 同样, AFD 段为刚片 II, 由于此题中有四根支座链杆, 所以把基础当成刚片 III, 刚片 I、II 之间用 DC 和 AE 杆连接, 形成无穷远处的瞬铰 $O_{I\text{II}}$, 刚片 I、III 之间用 B 和 C 处支座链杆连接, 形成铰 $O_{I\text{III}}$ 在 C 处, 刚片 II、III 之间用 A 和 D 处支座链杆连接, 形成无穷远处的瞬铰 $O_{II\text{III}}$ 。由于形成

$O_{I\text{II}}$ 和 $O_{II\text{III}}$ 的两对平行链杆互不平行, 所以体系为几何不变并且无多余约束。故正确答案为 A。

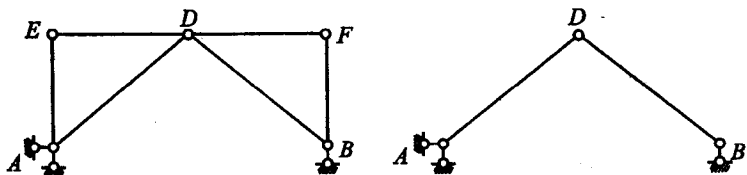
此题涉及到有两铰在无穷远处的情况, 如果组成两个无穷远瞬铰的两对平行链杆互不平行, 则体系为几何不变; 若此两对平行链杆相互平行(即四杆皆平行), 则体系为瞬变; 若四杆平行且等长, 则体系为常变(见[综述]4)。

此题也可以把 DC 和 AE 杆分别作为刚片, 基础为第三个刚片, 再来进行分析。

4. (西南交大 2001 年) 图示体系是_____体系。



解: 首先去掉二元体 EC 、 FC 杆, 剩下的体系再去掉二元体 AE 、 ED 杆和 DF 、 FB 杆, 余下的部分显然为几何可变体系, 缺少一个约束, 见左下图。所以原体系为几何可变体系。

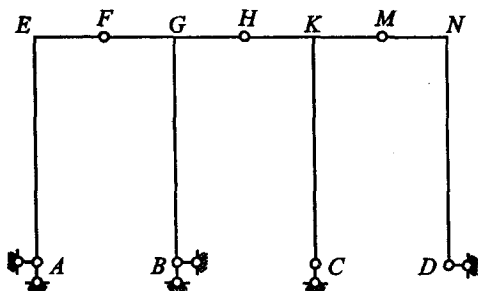


此题关键是利用二元体的特点: 在一个体系上增加或拆除二元体, 不会改变原有体系的几何构造性质。当然, 在

第1章 平面结构的几何构造分析

解题过程中也应该弄清二元体的概念(两根不在一直线上的链杆连接一个新结点的构造),正确判断哪些为二元体。

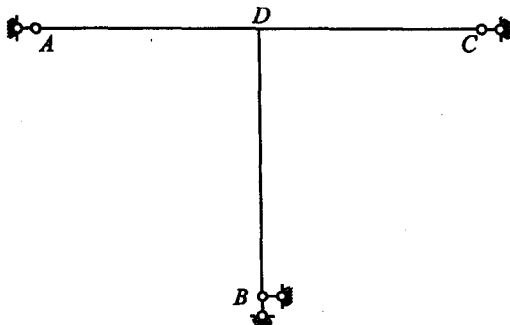
5. (西南交大 2001 年) 分析图示平面体系的几何构造性质。



解: 此体系可以从左到右进行装配, 首先是 AEF 和 FHB 与基础通过三个铰连接形成大刚片, 然后与刚片 HMC 通过一根链杆 (C 处支座链杆) 和一个铰 (H) 固定, 同理再装配上 MND 杆件。此过程中无多余约束, 所以原体系为无多余约束的几何不变体系。

此题还可以通过拆二元体的方式进行分析, 注意把折杆转化成链杆 (见 [方法与技巧] 6), 方法与上题一样, 不再赘述。

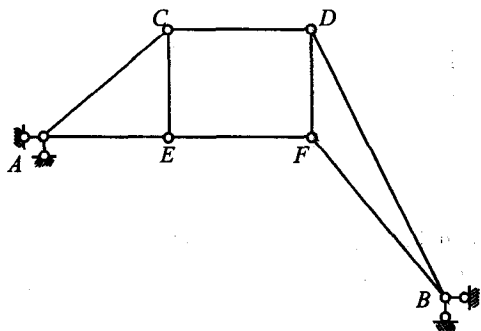
6. (西南交大 2002 年) 分析图示平面体系的几何组成。



解: ACB 为一个刚片, 与基础用四根链杆连接, 构成几何不变体系, 有一个多余约束(两刚片法则)。

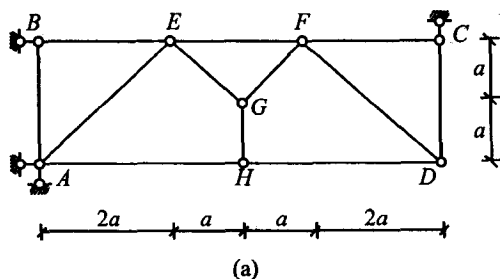
7. (东南大学 2001 年) 图示体系为: ()

- A. 几何可变(常变) B. 几何可变(瞬变)
C. 几何不变, 无多余约束 D. 几何不变, 有多余约束

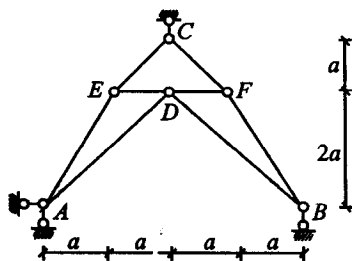


解: 三角形 ACE 为刚片 I, 三角形 BDF 为刚片 II, 基础为刚片 III, 三个刚片两两之间用铰连接, 其中有一个瞬铰在无穷远处, 三铰不共线, 所以构成无多余约束的几何不变体系。正确答案为 C。

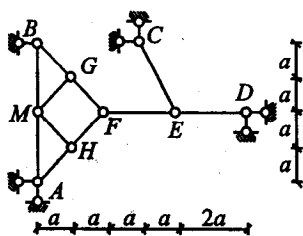
8. (东南大学 2002 年) 分析图示体系的几何构造, 要求写出分析过程。



第 1 章 平面结构的几何构造分析

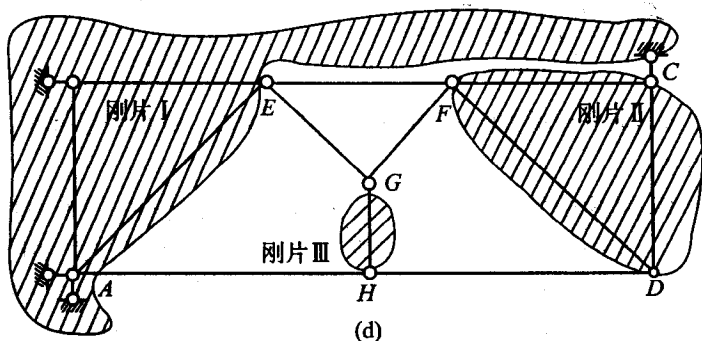


(b)



(c)

解: 1. (a) 图: 此题中支座链杆有四根, 一般情况下需要结合基础一起分析, 注意到 AB 杆和基础有三根链杆连接, 形成了更大的刚片, 然后添加二元体进一步扩大刚片, 记为刚片 I, 这样, 剩下的部分再来进行分析就不难了。选取刚片如图 d 所示, 刚片 I、II 之间由 EF 杆和 C 处支座链杆连接形成铰在 C 点, 刚片 I、III 之间由 EG 和 AH 杆连接, 铰在两杆交点处, 刚片 II、III 之间由 FG 和 DH 杆连接, 铰在两杆交点处, 三个铰不共线。整个分析过程中, 杆件不能重复使用, 由于没有多余杆件, 所以原体系是无多余约束的几何不变体系。



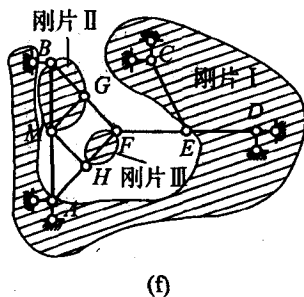
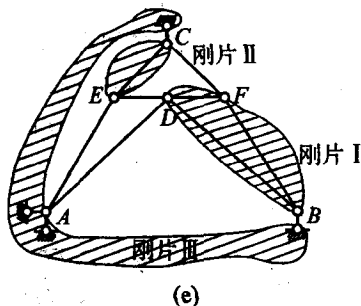
(d)

2. (b) 图: 三角形 BFD 作为刚片 I, CE 杆作为刚片 II, 基

础作为刚片Ⅲ,刚片Ⅰ、Ⅱ之间由 ED 、 CF 两杆连接,刚片Ⅰ、Ⅲ之间由 AD 和 B 处支座链杆连接,刚片Ⅱ、Ⅲ之间由 AE 和 C 处支座链杆连接,三个铰不共线,所以原体系是无多余约束的几何不变体系(图e)。

3. (c) 图:取刚片如图f所示,刚片Ⅰ、Ⅱ之间由 MA 杆和 B 处支座链杆连接,刚片Ⅰ、Ⅱ之间由 HA 、 EF 杆连接,刚片Ⅱ、Ⅲ之间由 GF 、 MH 杆连接,最终形成的是无多余约束的几何不变体系。

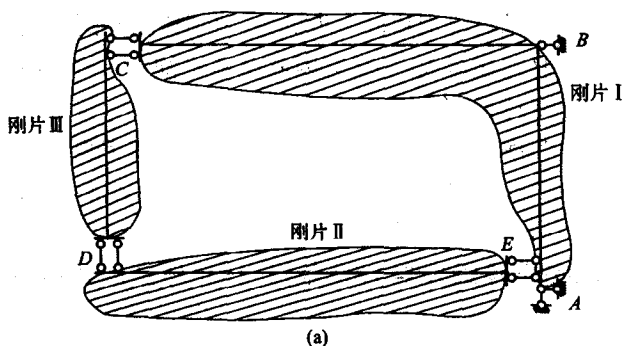
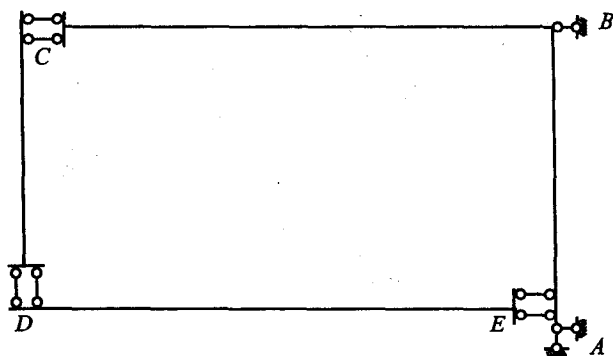
这三个题目都不能一眼看出结果,关键是要找到突破口,三题中基础都作为一个刚片,能扩大时尽量扩大,在确定另外的刚片时要寻找能两两之间有两根链杆或一个铰连接的不变体作为刚片。



9. (河海大学 2000 年、重庆大学 2000 年) 分析图示体系的几何组成。

解:此题中要注意两点,一是 B 处的链杆支座并没有截断原来的折杆,另一个是弄清三根杆之间的连接方式,相当于每两根杆之间用两根平行链杆连接,如图a所示,三对平行链杆相当于三个无穷远处的瞬铰,根据射影几何的知识,所有的无穷远点都在同一直线上,所以此体系是几何可变的。它与基础用三根链杆连接,体系仍为几何可变。

第 1 章 平面结构的几何构造分析



10. (河海大学 2002 年) 分析图示体系的几何组成。

