



经典教材辅导用书

JINGDIAN JIAOCAI FUDAO YONGSHU

金康宁 等 编

结构力学

解题技巧与习题详解

高教版《结构力学 I —— 基本教程》
(第2版) (龙驭球 包世华等)



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

结构力学

解题技巧与习题详解

高教版《结构力学 I——基本教程》(第 2 版)
(龙驭球、包世华等)

金康宁 戴萍 樊剑 李黎 朱诗颂

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书对高等教育出版社出版,龙驭球、包世华等编著的《结构力学 I——基本教程》一书基本内容部分的习题(除指定用“结构力学求解器”计算的习题和少数几个手算过于繁杂的题目之外)全部作出了详细解答,并在每章习题详解之前给出了该章的学习要点、解题指导与技巧。全书主要内容有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、渐近法及其他算法简述、矩阵位移法。

本书可供高等院校土建、水利类专业本科生和专科生学习结构力学时参考,也可供电大、网络大学、成人教育、函授及自学考试等学生学习结构力学时参考,同时还可作为报考相关专业研究生的复习资料,以及作为相关专业教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学解题技巧与习题详解/金康宁等. —武汉:华中科技大学出版社, 2011.1

ISBN 978-7-5609-6708-0

I. 结… II. 金… III. 结构力学-高等学校-解题 IV. O342-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 212495 号

结构力学解题技巧与习题详解

金康宁等

策划编辑:周芬娜

责任编辑:李 琴 周芬娜

封面设计:潘 群

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:850mm×1168mm 1/32

印 张:12.5

字 数:326 千字

版 次:2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:20.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

清华大学龙驭球教授、包世华教授等编著的《结构力学 I——基本教程》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是“高等教育百门精品课程教材建设计划”的研究成果,是根据教育部力学教学指导委员会非力学类专业力学基础课程教学指导分委员会制定的《结构力学课程教学基本要求》编写的。该书已被众多高等院校的土建、水利、力学等专业选为本科教材,并作为研究生入学考试参考书。

结构力学是土建、水利类专业的一门主要基础课程。学习结构力学一定要深刻理解和牢固掌握其基本概念、基本理论和基本方法,对一些基本问题的计算应达到相当熟练的程度,这样才能在今后的工作中灵活运用,既能创新,又能保障工程安全、经济。

要学好结构力学,解答习题是重要环节;只有通过演算相当数量的习题,才能加深对基本概念的理解和对基本理论及基本方法的掌握,从而熟能生巧。根据现实情况,大学生在校学习期间,并不是每个人都有机会充分地获得教师的辅导和答疑,参加电大、网络大学、成人教育和自学考试学习的学生困难更多,通过阅读本书,有助于复习和巩固学过的结构力学理论和方法,解决学习中的疑难问题,掌握解题技巧,提高分析问题和解决问题的能力。

本书对龙驭球教授、包世华教授等编著的《结构力学 I——基本教程》的基本内容部分的习题(除指定用“结构力学求解器”计算的习题和少数几个手算过于繁杂的题目之外)全部作出了详细解

答,并在各章习题详解之前给出了学习要点和解题指导与技巧。

本书由金康宁(第1章、第6章、第8章和全书的“解题指导与技巧”)、戴萍(第2章、第5章)、樊剑(第3章)、李黎(第4章)、朱诗颂(第7章)编写,全书由金康宁统稿。

编 者

2010年3月

于华中科技大学

目 录

第 1 章 结构的几何构造分析	(1)
学习要点	(1)
解题指导与技巧	(3)
习题详解	(3)
第 2 章 静定结构的受力分析	(14)
学习要点	(14)
解题指导与技巧	(16)
习题详解	(19)
第 3 章 影响线	(71)
学习要点	(71)
解题指导与技巧	(73)
习题详解	(77)
第 4 章 虚功原理与结构位移计算	(118)
学习要点	(118)
解题指导与技巧	(121)
习题详解	(122)
第 5 章 力法	(166)
学习要点	(166)
解题指导与技巧	(167)
习题详解	(170)
第 6 章 位移法	(230)
学习要点	(230)
解题指导与技巧	(231)
习题详解	(234)

第 7 章 渐近法及其他算法简述	(279)
学习要点.....	(279)
解题指导与技巧.....	(281)
习题详解.....	(283)
第 8 章 矩阵位移法	(325)
学习要点.....	(325)
解题指导与技巧.....	(328)
习题详解.....	(330)

第 1 章 结构的几何构造分析

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) 约束(或称为联系)

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(连接三个或三个以上刚片的铰)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 ,则两根链杆所起的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”)。

二元体(增、减)规则:在一个体系上依次增加或撤去二元体,不会改变体系的几何组成性质。(分析复杂体系很有用。)

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 ,单铰数为 h ,支座链杆数为 b ,体系的计算自由度 W 可表示为

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

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。

$W \leq 0$ 是平面体系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甚至多余,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。

解题指导与技巧

1. 几何构造分析步骤

① 对于杆件较少的体系,直接利用二刚片或三刚片组成规则进行分析。

② 对于杆件较多的复杂体系,需首先利用“二元体增减规则”对体系进行简化。简化的方法有“合并”和“撤除”两种,前者是将某些几何不变部分视为大刚片,后者是依次撤除二元体,使体系简化,以便利用简单组成规则来分析。

2. 技巧

合理选择刚片、链杆,会找虚铰,以符合判别规则。

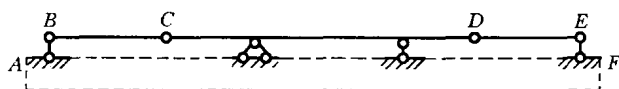
习题详解

【1-1】 试分析题 1-1(a)图~题 1-1(c)图所示体系的几何构造。

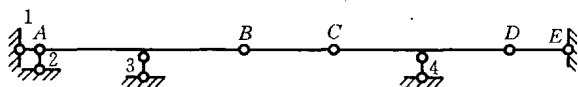
解(a) 如题 1-1(a)图所示, ABC 和 DEF 分别为两个二元体,可以撤除,剩下的 CD 和地基分别为两个刚片,通过三根链杆(不全平行也不交于同一点)相连,因此该体系为几何不变体系,无多余联系。

解(b) 如题 1-1(b)图所示,将地基视为一个刚片,与刚片 AB 通过三根链杆 1、2、3 相连,构成几何不变体系;将其视为一个大刚片,再与刚片 CD 通过三根链杆 BC 、 DE 、4 相连,但这三根链杆是相交于同一点的,因此该体系为瞬变体系。

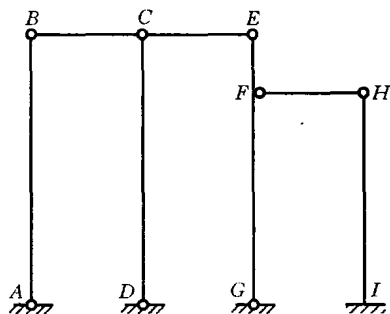
解(c) 如题 1-1(c)图所示,将二元体 ABC 撤除,再将二元



(a)



(b)



(c)

题 1-1 图

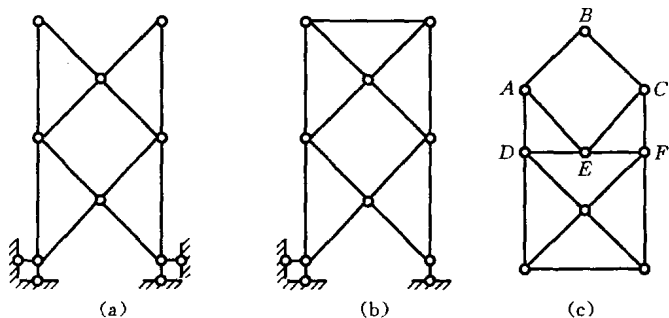
体 DCE 撤除,在剩下的体系中,视地基和与之固结的 HI 一起为一个刚片,与刚片 FH 和 EG 按照三刚片规则,通过三个铰 H、F、G 两两相连,因此该体系为几何不变体系,无多余联系。

【1-2】 试分析题 1-2(a)图~题 1-2(c)图所示体系的几何构造。

解(a) 如题 1-2(a)图所示,由地基开始,依次增加二元体,即可形成所示体系,因此所示体系为几何不变体系,无多余联系。

解(b) 如题 1-2(b)图所示,整个上部由简单三角形组成,为几何不变体系,通过三根不交于一点的支杆与地基相连,形成几何不变体系,无多余联系。

解(c) 如题 1-2(c)图所示,依次去掉上部的二元体 ABC、DAE、FCE 以后,剩下的体系为瞬变体系,因为铰 D、E、F 位于一

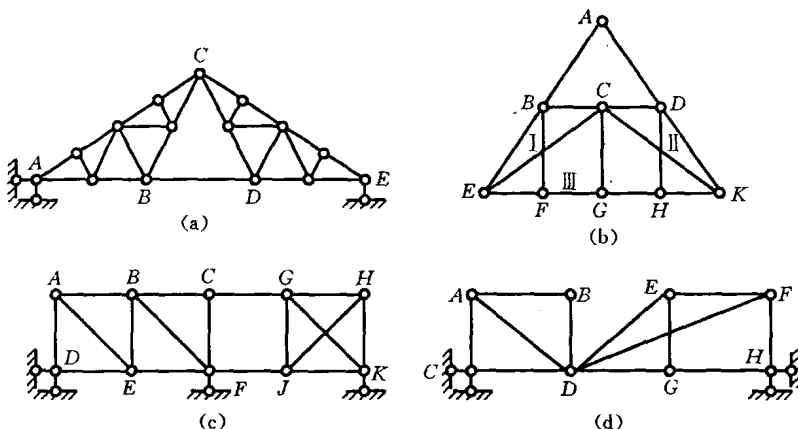


题 1-2 图

条直线上。

【1-3】 试分析题 1-3(a)图~题 1-3(d)图所示体系的几何构造。

解(a) 如题 1-3(a)图所示,在基本三角形上依次增加二元体,很容易判定 ABC 为几何不变体系。同理, CDE 也为几何不变体系。对于 ABC 和 CDE ,按二刚片规则,可判定整个上部体系为几何不变体系,即可视为一个大刚片,这个大刚片通过三根不交于一点也不全平行的三根链杆与地基相连,因此所示体系为几何不变体系,无



题 1-3 图

多余联系。

解(b) 如题 1-3(b)图所示,首先撤除二元体 BAD ,由基本三角形上增加二元体可判定 $CBEF$ 为几何不变体系,视为刚片 I;同理可判定 $CDKH$ 为几何不变体系,视为刚片 II;再将 FG 视为刚片 III;根据三刚片规则,刚片 I 与刚片 II 以铰 C 相连,刚片 II 与刚片 III 以铰 G 相连,刚片 III 与刚片 I 以铰 F 相连。因此所示体系为几何不变体系,无多余约束。

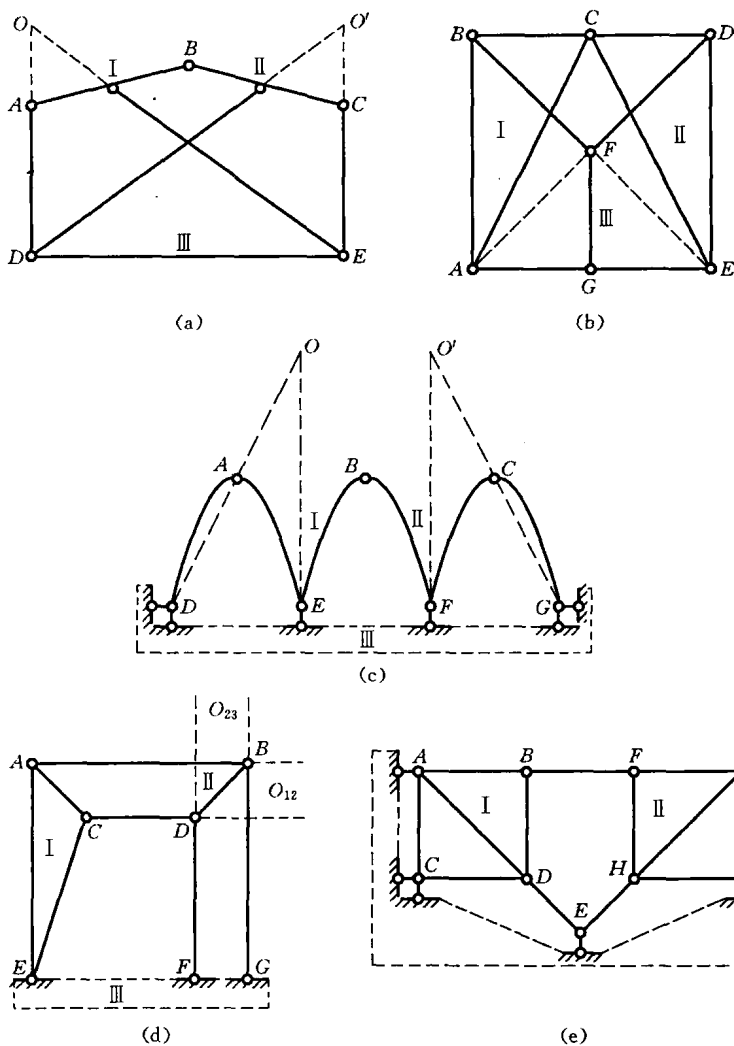
解(c) 如题 1-3(c)图所示,由基本三角形上依次增加二元体,可判定 $ADEF CB$ 为几何不变体系,它与地基通过三根链杆相连,符合两刚片规则,因此可将 $ADEF CB$ 和地基一起视为一个大刚片 I;由基本三角形上增加二元体可判定 $GHKJ$ 为几何不变体系,但有一个多余联系,可将 $GHKJ$ 视为刚片 II;刚片 I 与刚片 II 通过 K 处支杆、链杆 CG 和链杆 FJ 相连,符合两刚片规则,因此所示体系为几何不变体系,但有一个多余联系。

解(d) 如题 1-3(d)图所示,由基本三角形上增加二元体,可判定 $ACDB$ 为几何不变体系,视为刚片 I;同理, $EDGHF$ 也为几何不变体系,视为刚片 II;地基视为刚片 III;三个刚片通过 C 、 D 、 H 三个铰两两相连,但是三个铰在同一条直线上,因此所示体系为瞬变体系,无多余联系。

【1-4】 试分析题 1-4(a)图~题 1-4(e)图所示体系的几何构造。

解(a) 如题 1-4(a)图所示,将 AB 视为刚片 I,将 BC 视为刚片 II,将 DE 视为刚片 III;再根据三刚片规则,刚片 I 与刚片 II 以铰 B 相连,刚片 II 与刚片 III 以虚铰 O' 相连,刚片 III 与刚片 I 以虚铰 O 相连,且三个铰不在同一条直线上,因此所示体系为几何不变体系,无多余约束。

解(b) 如题 1-4(b)图所示,将三角形 ABC 和 CDE 分别视为刚片 I、刚片 II,将杆 FG 视为刚片 III,则刚片 I 与刚片 II 以铰 C 相连,刚片 II 与刚片 III 以虚铰 A 相连,刚片 III 与刚片 I 以虚铰 E 相连,



题 1-4 图

根据三刚片规则, C 、 A 、 E 三铰不共线, 因此所示体系为几何不变体系, 无多余联系。

解(c) 如题 1-4(c) 图所示, 两段曲杆 AE 与 EB 在 E 处刚

结,整个 AEB 视为刚片 I, 同样, BFC 视为刚片 II, 地基整体视为刚片 III; 刚片 I 与刚片 II 以铰 B 相连, 刚片 II 与刚片 III 以虚铰 O' 相连, 刚片 III 与刚片 I 以虚铰 O 相连, 三个铰 B 、 O 、 O' 不共线, 根据三刚片规则, 因此所示体系为几何不变体系, 无多余联系。

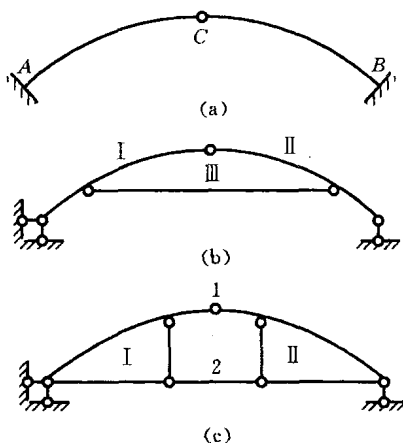
解(d) 如题 1-4(d) 图所示, 将三角形 AEC 视为刚片 I, 将杆 BD 视为刚片 II, 将地基视为刚片 III, 刚片 I 与刚片 II 以无穷远虚铰 O_{12} 相连, 刚片 II 与刚片 III 以无穷远虚铰 O_{23} 相连, 刚片 III 与刚片 I 以铰 E 相连, 组成两个无穷远铰的两对平行链杆互不平行, 因此所示体系为几何不变体系, 无多余联系。

解(e) 如题 1-4(e) 图所示, 首先由基本三角形判定 $ABDC$ 为几何不变体系, 并在 A 、 C 处与地基相连, 组成几何不变体系, 共同视为一个大刚片 I, 再判定 $FGKH$ 为几何不变体系, 视为刚片 II, 刚片 I 与刚片 II 通过 K 处支杆以及链杆 BF 、 EH 相连, 但这三根链杆相交于同一点 G , 因此所示体系为瞬变体系, 无多余联系。

【1-5】 试分析题 1-5(a) 图~题 1-5(c) 图所示体系的几何构造。

解(a) 如题 1-5(a) 图所示, 曲杆 AC 与地基刚结为几何不变体系, 同样, 杆 CB 与地基刚结为几何不变体系, 中间铰 C 为多余的两个联系, 所以所示体系为两个多余联系的几何不变体系。

解(b) 如题 1-5(b) 图所示, 刚片 I、刚片 II、刚片 III 由不在一直线上的三个铰两两相连, 形成几何不变体系, 然后又由三根不交于一点且不全平行

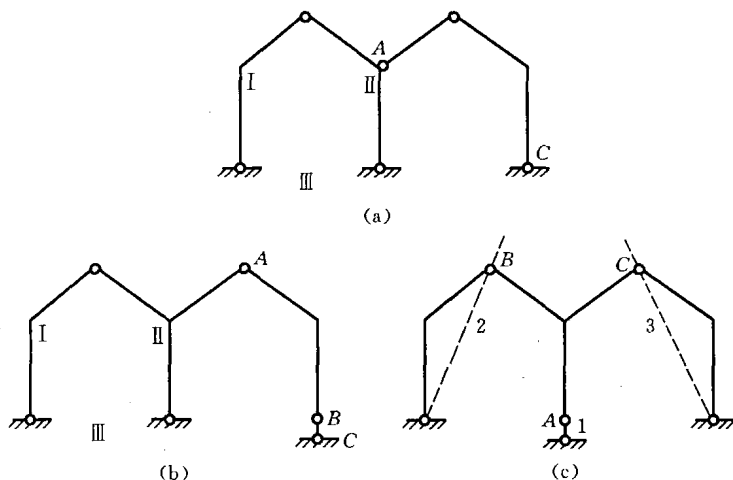


题 1-5 图

的支杆与地基相连,所以所示体系为几何不变体系,无多余联系。

解(c) 如题 1-5(c)图所示,刚片 I 与刚片 II 由铰 1 和支杆 2 连接,形成几何不变体系,又通过不交于一点且不全平行的三个支杆与地基相连,所以所示体系为几何不变体系,无多余联系。

【1-6】 试分析题 1-6(a)图~题 1-6(c)图所示体系的几何构造。



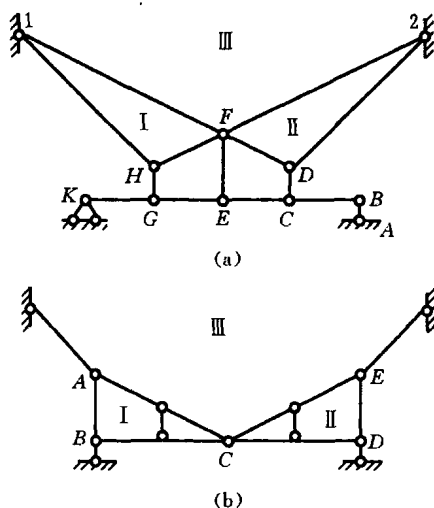
题 1-6 图

解(a) 如题 1-6(a)图所示,撤除二元体 ABC ,剩下的刚片 I、刚片 II、刚片 III 由不在一直线上的三个铰两两相连,所以所示体系为几何不变体系,无多余约束。

解(b) 如题 1-6(b)图所示,撤除二元体 ABC ,剩下的刚片 I、刚片 II、刚片 III 由不共线的三个铰两两相连,所以所示体系为几何不变体系,无多余联系。

解(c) 如题 1-6(c)图所示,刚片 ABC 与基础通过交于一个点的三根支杆 1、2、3 连接,所以所示体系为瞬变体系。

【1-7】 试分析题 1-7(a)图、题 1-7(b)图所示体系的几何构造。



题 1-7 图

解(a) 如题 1-7(a) 图所示, 依次去掉二元体 ABC 、 DCE 、 FEG 、 HGK 以后, 刚片 I、刚片 II 与基础刚片 III 通过不共线的三个铰 F 、 1 、 2 两两相连, 所以所示体系为几何不变体系, 无多余联系。

解(b) 如题 1-7(b) 图所示, 视 ABC 为刚片 I、 CDE 为刚片 II、基础为刚片 III, 刚片 I 与刚片 II 以铰 C 相连, 刚片 II 与刚片 III 以虚铰 E 相连, 刚片 III 与刚片 I 以虚铰 A 相连, 且三个铰不共线, 所以所示体系为几何不变体系, 无多余联系。

【1-8】 试分析题 1-8(a) 图、题 1-8(b) 图所示体系的几何构造。

解(a) 如题 1-8(a) 图所示, 刚片 I、刚片 II、刚片 III (基础) 由不共线的三个虚铰 $(5, 6)$ 、 $(2, 4)$ 和 $(1, 3)$ 连接, 其中 $(5, 6)$ 为无穷远铰, 所以所示体系为几何不变体系, 无多余联系。

解(b) 如题 1-8(b) 图所示, 刚片 I、刚片 II、刚片 III (基础) 由六根链杆组成的三个虚铰 $(1, 3)$ 、 $(2, 4)$ 和 $(5, 6)$ 连接, 这三个铰位于同一直线上, 所以所示体系为瞬变体系。