



新世纪高职高专土建类系列教材

建筑力学题解

JIAN ZHU LI XUE TI JIE

沈养中 主编

(下册)

石 静 李桐栋 副主编
高淑荣 孟胜国



科学出版社

新世纪高职高专土建类系列教材

建筑力学题解

(下册)

沈养中 主编

石 静 李桐栋
高淑荣 孟胜国 副主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是与《理论力学》、《材料力学》以及《结构力学》配套的教学用辅导教材。本书涵盖建筑力学的知识要点,对精选 696 道题全部做了解答。本书内容丰富、突出应用、深入浅出、通俗易懂,注重培养分析问题和解决问题的能力。全书共分上、中、下三册。上册为理论力学(第一章至第七章),包括物体的受力分析与受力图、平面力系、空间力系、点与刚体的运动、质点与刚体的运动微分方程、动能定理、达朗贝尔原理与虚位移原理;中册为材料力学(第八章至第 14 章),包括轴向拉伸与压缩、截面的几何性质、扭转、弯曲、应力状态与强度理论、组合变形、压杆稳定;下册为结构力学(第十五章至第二十一章),包括平面杆件体系的几何组成分析、静定结构的内力计算、静定结构的位移计算、力法、位移法、力矩分配法、影响线。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校所属二级职业技术学院和民办高校土建类专业力学课程的辅导教材,专升本考试指导书,以及有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学题解(上、中、下册)/沈养中主编. —北京:科学出版社, 2002

(新世纪高职高专土建类系列教材)

ISBN 7-03-010234-7

I. 建... II. 沈... III. 建筑力学—高等学校:技术学校—解题
IV. TU311-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 047924 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002 年 10 月第 一 版 开本:720×1000 B5

2002 年 10 月第一次印刷 印张:43 1/4

印数:1—4500 字数:845 000

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

目 录

出版说明

前言

第一篇 理论力学

(上册)

第一章 物体的受力分析与受力图	1
内容提要.....	1
题解.....	4
题 1.1~题 1.10 物体的受力分析与受力图	4
第二章 平面力系	9
内容提要.....	9
题解	12
题 2.1~题 2.25 平面一般力系的平衡问题	12
题 2.26~题 2.32 桁架内力计算.....	31
题 2.33~题 2.43 考虑摩擦时的平衡问题	39
第三章 空间力系	52
内容提要	52
题解	53
题 3.1~题 3.14 空间力系的平衡问题	53
题 3.15~题 3.25 物体的重心和形心	65
第四章 点与刚体的运动	72
内容提要	72
题解	75
题 4.1~题 4.4 点的运动	75
题 4.5~题 4.7 刚体的基本运动.....	78
题 4.8~题 4.20 点的合成运动	80
题 4.21~题 4.39 刚体的平面运动	91
第五章 质点与刚体的运动微分方程	110
内容提要.....	110
题解.....	113

题 5.1~题 5.6 质点的运动微分方程	113
题 5.7~题 5.12 动量定理和质心运动定理	117
题 5.13~题 5.21 动量矩定理和刚体定轴转动微分方程	121
第六章 动能定理	129
内容提要	129
题解	131
题 6.1~题 6.9 动能定理	131
题 6.10~题 6.19 普遍定理的综合应用	137
第七章 达朗贝尔原理与虚位移原理	147
内容提要	147
题解	149
题 7.1~题 7.21 达朗贝尔原理	149
题 7.22~题 7.31 虚位移原理	167

第二篇 材料力学

(中册)

第八章 轴向拉伸与压缩	175
内容提要	175
题解	177
题 8.1~题 8.15 内力、应力和变形	177
题 8.16~题 8.33 强度计算	187
题 8.34~题 8.50 拉、压超静定问题	204
题 8.51~题 8.58 剪切和挤压的实用计算	219
第九章 截面的几何性质	227
内容提要	227
题解	231
题 9.1~题 9.5 静矩和形心	231
题 9.6~题 9.18 惯性矩和惯性积	234
题 9.19~题 9.21 形心主惯性轴和形心主惯性矩	243
第十章 扭转	248
内容提要	248
题解	250
题 10.1~题 10.4 内力、应力和变形	250
题 10.5~题 10.10 强度和刚度计算	254
题 10.11~题 10.16 扭转超静定问题	258
题 10.17~题 10.18 矩形截面杆自由扭转时的应力和变形	264

第十一章 弯曲	266
内容提要.....	266
题解.....	269
题 11.1~题 11.35 内力和内力图	269
题 11.36~题 11.77 应力和强度计算	299
题 11.78~题 11.95 变形和刚度计算	335
第十二章 应力状态与强度理论	354
内容提要.....	354
题解.....	356
题 12.1~题 12.3 斜截面上的应力	356
题 12.4~题 12.14 主应力和主平面	360
题 12.15~题 12.22 广义胡克定律	369
题 12.23~题 12.33 强度理论	375
第十三章 组合变形	385
内容提要.....	385
题解.....	388
题 13.1~题 13.7 斜弯曲	388
题 13.8~题 13.21 拉(压)与弯曲的组合变形	397
题 13.22~题 13.23 截面核心	410
题 13.24~题 13.29 扭转与弯曲的组合变形	415
第十四章 压杆稳定	422
内容提要.....	422
题解.....	423
题 14.1~题 14.13 临界力和临界应力	423
题 14.14~题 14.32 稳定性计算	434

第三篇 结构力学

(下册)

第十五章 平面杆件体系的几何组成分析	453
内容提要.....	453
题解.....	455
题 15.1~题 15.40 几何组成分析	455
第十六章 静定结构的内力计算	470
内容提要.....	470
题解.....	472
题 16.1~题 16.10 静定梁	472

题 16.11~题 16.22	静定平面刚架	484
题 16.23~题 16.27	三铰拱	498
题 16.28~题 16.38	静定平面桁架	504
题 16.39~题 16.42	静定组合结构	514
第十七章	静定结构的位移计算	520
内容提要		520
题解		522
题 17.1~题 17.25	荷载作用下的位移计算	522
题 17.26~题 17.39	非荷载因素引起的位移计算	542
题 17.40~题 17.43	互等定理	549
第十八章	力法	552
内容提要		552
题解		554
题 18.1~题 18.9	力法典型方程	554
题 18.10~题 18.18	对称性的利用	563
题 18.19~题 18.20	弹性中心法	574
题 18.21~题 18.30	非荷载因素引起的超静定结构的内力	578
第十九章	位移法	589
内容提要		589
题解		590
题 19.1~题 19.19	位移法典型方程	590
题 19.20~题 19.27	对称性的利用	611
第二十章	力矩分配法	621
内容提要		621
题解		622
题 20.1~题 20.12	力矩分配法	622
题 20.13~题 20.17	无剪力分配法	638
第二十一章	影响线	644
内容提要		644
题解		645
题 21.1~题 21.11	静力法绘制影响线	645
题 21.12~题 21.14	机动法绘制影响线	657
题 21.15~题 21.18	间接荷载作用下的影响线	661
题 21.19~题 21.23	影响线的应用	665
参考文献		672

第三篇 结构力学

第十五章 平面杆件体系的几何组成分析

内 容 提 要

1. 几个基本概念

(1) 几何不变体系。不考虑材料应变,在任意荷载作用下能保持其原有的几何形状和位置的体系。

(2) 几何可变体系。不考虑材料应变,在任意荷载作用下其原有的几何形状和位置发生变化的体系。

(3) 瞬变体系。如果一个几何可变体系在发生微小的位移后,即成为几何不变体系,称为瞬变体系。

(4) 刚片。在几何组成分析中,由于不考虑材料的变形,故可以把每一杆件或体系中已被肯定为几何不变的某个部分看做刚体,刚体在平面体系中称为刚片。

(5) 自由度。一个体系的自由度,是指该体系在运动时确定其位置所需的独立坐标的数目。

(6) 约束。指减少物体或体系自由度的装置。

(7) 多余约束。如果在体系中增加一个约束,体系的自由度并不因此而减少,则该约束称为多余约束。

2. 自由度计算公式

(1) 平面刚片体系

$$W = 3m - 2h - r \quad (15.1)$$

式中: W ——体系的计算自由度;

m ——体系中的刚片数;

h ——单铰数;

r ——支座链杆数。

(2) 平面链杆体系

$$W = 2j - b - r \quad (15.2)$$

式中: j ——体系中的结点数;

b ——链杆数;

r ——支座链杆数。

若 $W > 0$ (对于不和基础相连的独立体系为 $W > 3$), 则体系为几何可变; 若 $W \leq 0$ (对于不和基础相连的独立体系为 $W \leq 3$), 说明体系满足几何不变的必要条件, 还要应用几何不变体系的基本组成规则作进一步分析。

3. 几何不变体系的简单组成规则

(1) 两刚片规则。两刚片用一个铰及一根不通过铰心的链杆相联结, 组成无多余约束的几何不变体系。

两刚片用不全交于一点也不全平行的三根链杆相联结, 也组成无多余约束的几何不变体系。

(2) 三刚片规则。三刚片用不在同一直线上的三个铰两两相联, 组成无多余约束的几何不变体系。

(3) 加减二元体规则。在一个体系上增加或减少二元体, 不改变原体系的几何可变或不变性。

4. 解题技巧

(1) 应用基本组成规则进行分析的关键是恰当地选取基础、体系中的杆件或可判别为几何不变的部分作为刚片, 应用规则扩大其范围, 如能扩大至整个体系, 则体系为几何不变的; 如不能的话, 则应把体系简化成二至三个刚片, 再应用规则进行分析。体系中如有二元体, 则先将其逐一撤除, 以使分析简化。

(2) 当体系与基础是按两刚片规则联结时, 可先撤去支座链杆, 只分析体系内部杆件的几何组成性质。

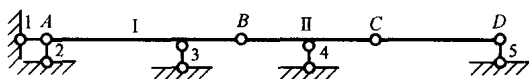
(3) 当两个刚片用两根链杆相连时, 相当于在两杆轴线的交点处用一虚铰相连, 其作用与一个单铰相同。当两杆轴线相互平行时, 可认为两杆轴线在无穷远处相交, 交点在无穷远处。

(4) 对体系作几何组成分析时, 每一根杆件都要考虑, 不能遗漏, 但也不能重复使用。分析结果要说明整个体系是什么性质的体系, 有无多余约束, 如有多余约束, 有几个。

题 解

题 15.1~题 15.40 几何组成分析

题 15.1 试对图示体系进行几何组成分析。



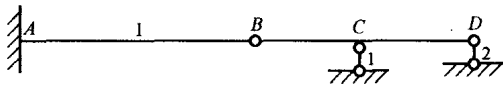
题 15.1 图

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 3m - 2h - r \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 2 - 5 = 0 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。首先,刚片 AB 由三根不共点的链杆与基础相联,组成一个大的刚片 I。其次,刚片 BC 由不共线的铰 B 和链杆 4 与刚片 I 相联,组成一个更大的刚片 II。用同样方法分析刚片 CD 。最后得知整个体系为几何不变,且无多余约束。

题 15.2 试对图示体系进行几何组成分析。



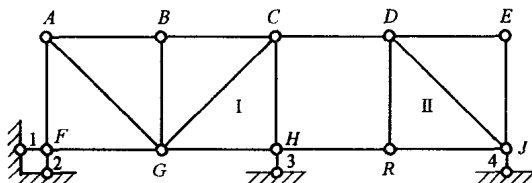
题 15.2 图

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 3m - 2h - r \\ &= 3 \times 1 - 4 = -1 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。由于支座 A 为固定端支座,可把杆 AB 和基础作为刚片 I,刚片 BC 由不共线的铰 B 和链杆 1 与刚片 I 相联,链杆 2 为多余约束。因而整个体系为几何不变,有一个多余约束。

题 15.3 试对图示体系进行几何组成分析。



题 15.3 图

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 2j - b - r \\ &= 2 \times 10 - 16 - 4 = 0 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。将 AFG 部分作为一刚片, 然后依次增加二元体 ABG 、 BCG 、 CHG , 则 $ACFH$ 部分为一扩大的刚片。这个刚片与基础用不共点的三根链杆 1、2、3 相联, 组成一个更大的刚片 I。

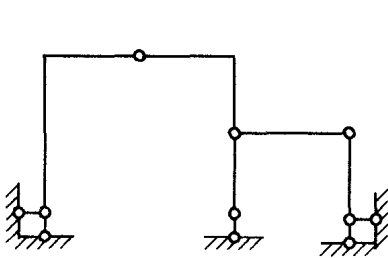
同理可把 $DERJ$ 部分作为刚片 II, 它由不共点的三根链杆 CD 、 HR 、4 与刚片 I 相联, 因而整个体系为几何不变, 且无多余约束。

题 15.4 试对图示体系进行几何组成分析。

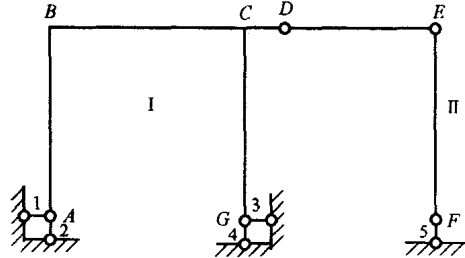
解 体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 3m - 2h - r \\ &= 3 \times 5 - 2 \times 4 - 5 = 2 \end{aligned}$$

体系缺少足够的约束, 为几何可变体系。



题 15.4 图



题 15.5 图

题 15.5 试对图示体系进行几何组成分析。

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 3m - 2h - r \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 2 - 5 = 0 \end{aligned}$$

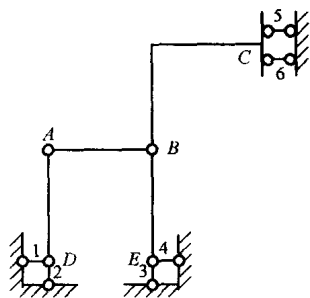
(2) 几何组成分析。首先刚片 $ABCG$ 由四根不共点的链杆与基础相连, 组成一个大的刚片 I (但有一个多余约束)。其次, 刚片 EF 由两根链杆 DE 和 5 与刚片 I 相联, 缺少一个约束。最后得知整个体系为几何可变。

题 15.6 试对图示体系进行几何组成分析。

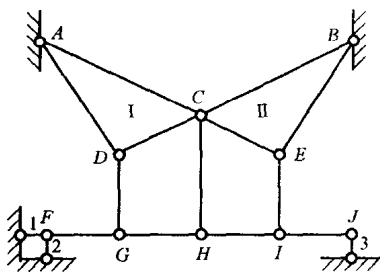
解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 3m - 2h - r \\ &= 3 \times 4 - 2 \times 3 - 6 = 0 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。首先从体系中撤除二元体 DAB 、 $1D2$ 。其次, 将链杆 3、4 作为二元体, 加到基础上, 刚片 BC 由不共点的三根链杆 BE 、5、6 与扩大了的基础相连, 因而整个体系为几何不变, 且无多余约束。



题 15.6 图



题 15.7 图

题 15.7 试对图示体系进行几何组成分析。

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 2j - b - r \\ &= 2 \times 8 - 9 - 7 = 0 \end{aligned}$$

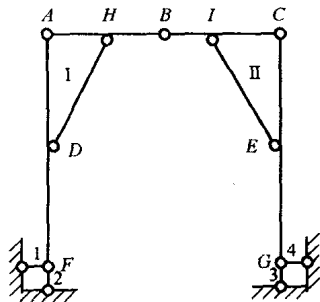
(2) 几何组成分析。首先把三角形 ACD 和 BCE 分别看做刚片 I 和刚片 II, 把基础看做刚片 III, 则三个刚片用不共线的三个铰 A 、 B 、 C 分别两两相联, 组成一个大的刚片。在这个大的刚片上依次增加二元体 12 、 DGF 、 CHG 、 EIH 、 $IJ3$ 。最后得知整个体系为几何不变, 且无多余约束。

题 15.8 试对图示体系进行几何组成分析。

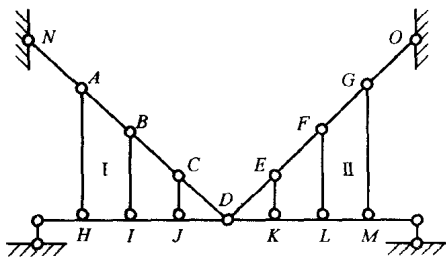
解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 3m - 2h - r \\ &= 3 \times 6 - 2 \times 7 - 4 = 0 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。刚片 AF 和 AB 由不共线的单铰 A 以及链杆 DH 相联, 构成刚片 I, 同理可把 $BICEG$ 部分看做刚片 II, 把基础以及二元体 12 、 34 看作刚片 III, 则刚片 I、II、III 由不共线的三个铰 F 、 B 、 G 两两相联, 构成几何不变体系, 且无多余约束。



题 15.8 图



题 15.9 图

题 15.9 试对图示体系进行几何组成分析。

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 3m - 2h - r \\ &= 3 \times 14 - 2 \times 19 - 4 = 0 \end{aligned}$$

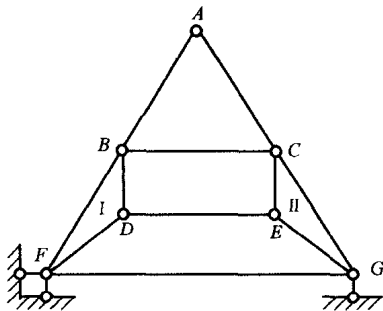
(2) 几何组成分析。在刚片 HD 上依次增加二元体 DCJ 、 CBI 、 BAH 构成刚片 I，同理可把 DMG 部分看做刚片 II，把基础看做刚片 III，则刚片 I、II、III 由不共线的单铰 D ，虚铰 N 、 O 相联，构成几何不变体系，且无多余约束。

题 15.10 试对图示体系进行几何组成分析。

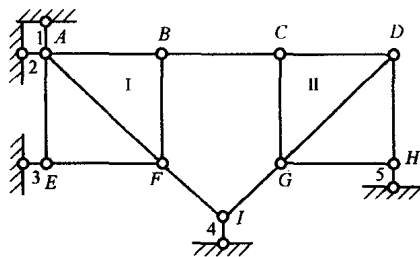
解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 2j - b - r \\ &= 2 \times 7 - 11 - 3 = 0 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。由于 AFG 部分由基础简支，所以可只分析 AFG 部分。可去掉二元体 BAC 只分析 $BFGC$ 部分。把三角形 BDF 、 CEG 分别看做刚片 I 和 II，刚片 I 和 II 由三根平行的链杆相联，因而整个体系为瞬变。



题 15.10 图



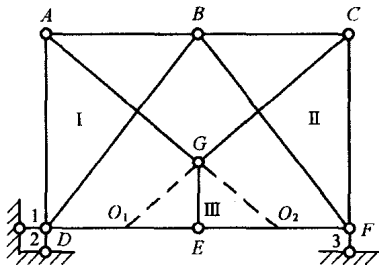
题 15.11 图

题 15.11 试对图示体系进行几何组成分析。

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 2j - b - r \\ &= 2 \times 9 - 13 - 5 = 0 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。首先在基础上依次增加二元体 12 、 $AE3$ 、 AFE 、 ABF 、 $FI4$ ，成一个大的刚片 I。其次，把 $CDHG$ 部分看做刚片 II，刚片 I、II 由三根共点的链杆 BC 、 IG 、 5 相联，因而整个体系为瞬变。



题 15.12 图

题 15.12 试对图示体系进行几何组成分析。

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 2j - b - r \\ &= 2 \times 7 - 11 - 3 = 0 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。由于 $ABCDEF$ 部分由基础简支，所以可只分析 $ABCDEF$ 部分。

题 15.13 试对图示体系进行几何组成分析。

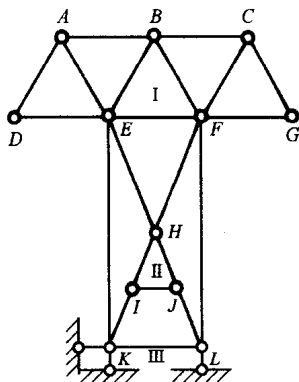
$$\begin{aligned} W &= 2j - b - r \\ &= 2 \times 6 - 8 - 4 = 0 \end{aligned}$$

题 15.13 图

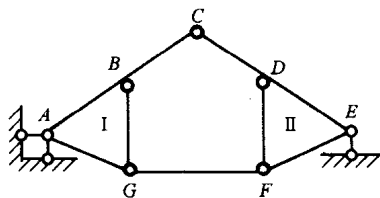
解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 2j - b - r \\ &= 2 \times 12 - 21 - 3 = 0 \end{aligned}$$

在三角形 ADE 上依次增加二元体 ABE 、 BFE 、 BCF 、 CGF 、 FHE 组成刚片 I。将三角形 HJI 看做刚片 II，杆件 KL 看做刚片 III。刚片 I 和刚片 II 由单铰 H 相联；刚片 II 和 III 由链杆 KI 和 JL 相联，即在 H 点由虚铰相联；刚片 I 和刚片 III 由链杆 EK 、 FL 相联，即在无穷远处由虚铰相联；显然，这三个铰共线，因而整个体系为瞬变。



题 15.14 图

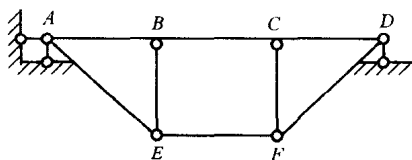


题 15.15 图

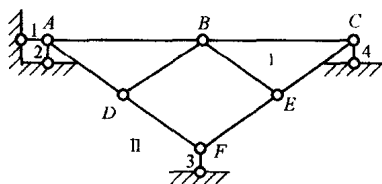
$$= 3 \times 6 - 2 \times 8 - 3 = -1$$

(2) 几何组成分析。由于 $ABCD$ 部分由基础简支, 所以可只分析 $ABCD$ 部分。

在杆件 $ABCD$ 上依次增加二元体 AEB 、 CFD 构成几何不变体系, 链杆 EF 可看做多余约束。因而整个体系为几何不变, 且有一个多余约束。



题 15.18 图



题 15.19 图

题 15.19 试对图示体系进行几何组成分析。

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 2j - b - r \\ &= 2 \times 6 - 8 - 4 = 0 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。把三角形 BCE 看做刚片 I, 杆件 DF 看做刚片 II, 基础上增加二元体 12 看做刚片 III。刚片 II 和刚片 III 由链杆 AD 、3 相联, 即由虚铰 F 相联; 刚片 I 和刚片 II 由链杆 BD 、 EF 相联, 交点在无穷远处; 刚片 I 和刚片 III 由链杆 AB 、4 相联, 即由虚铰 C 相联; 显然三铰在一条直线上, 因而整个体系为瞬变。

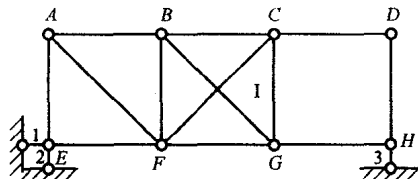
题 15.20 试对图示体系进行几何组成分析。

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

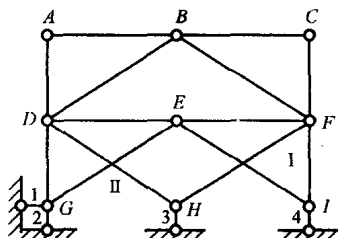
$$\begin{aligned} W &= 2j - b - r \\ &= 2 \times 8 - 13 - 3 = 0 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。首先在三角形 AEF 上依次增加二元体 ABF 、 BCF 、 CGF 组成刚片 I, 而杆件 BG 可看做一个多余约束。

其次, 去掉二元体 CDH 、 GH 。把基础上增加二元体 12 看做刚片 II, 则刚片 I 和刚片 II 只用铰 E 相连, 因而整个体系为几何可变, 但在 $BCGF$ 部分有一个多余约束。



题 15.20 图



题 15.21 图

题 15.21 试对图示体系进行几何组成分析。

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 2j - b - r \\ &= 2 \times 9 - 14 - 4 = 0 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。首先在体系上依次去掉二元体 DAB 、 BCF 、 DBF 不改变原体系的几何组成性质,所以下面只分析 DEF 以下部分即可。

把三角形 EFI 看做刚片 I;把杆件 DH 看做刚片 II;把基础上增加二元体 12 看做刚片 III。刚片 I 和刚片 II 由虚铰 F 相联;刚片 I 和刚片 III 由链杆 GE 及链杆 4 相连,交点在 CI 直线上;刚片 II 和刚片 III 由平行链杆 DG 及链杆 3 相联,由于链杆 DG 、3 和直线 CI 平行,且三直线将在无穷远处相交,所以三个虚铰在同一直线上,因而整个体系为瞬变。

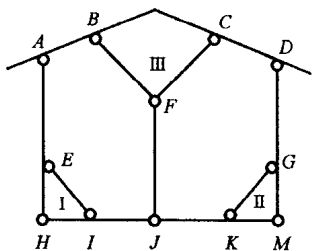
题 15.22 试对图示体系进行几何组成分析。

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

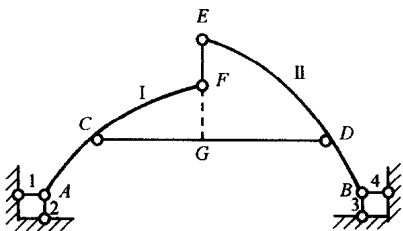
$$\begin{aligned} W &= 3m - 2h - r \\ &= 3 \times 10 - 2 \times 14 = 2 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。该体系没有和基础相联,只需要分析其内部几何性质。

杆件 AH 和杆件 HJ 由不共线单铰 H 和链杆相联构成刚片 I;同理可把 DMJ 部分看做刚片 II;再把折杆 $ABCD$ 和二元体 BFC 看做刚片 III。刚片 I、II、III 由三个不共线的单铰 A 、 J 、 D 两两相联,构成几何不变体系,链杆 FJ 可看做多余约束。因而整个体系内部为几何不变,且有一个多余约束。



题 15.22 图



题 15.23 图

题 15.23 试对图示体系进行几何组成分析。

解 (1) 计算自由度。体系的自由度为

$$\begin{aligned} W &= 3m - 2h - r \\ &= 3 \times 4 - 2 \times 4 - 4 = 0 \end{aligned}$$

(2) 几何组成分析。把曲杆 ACF 看做刚片 I;曲杆 BDE 看做刚片 II,基础和二元体 12、34 看做刚片 III。刚片 I、II、III 由不共线的三铰 A 、 B 、 G 两两相联,因而整个体系为几何不变,且无多余约束。

题 15.24 试对图示体系进行几何组成分析。

解 体系的自由度为