

JIEGOU LIXUE FUXI JI JIETI ZHIDAO

考研专业课复习指导系列丛书 (土木类)

—— 结构力学 复习及解题指导

第二版

黄 靖 编



人民交通出版社

China Communications Press

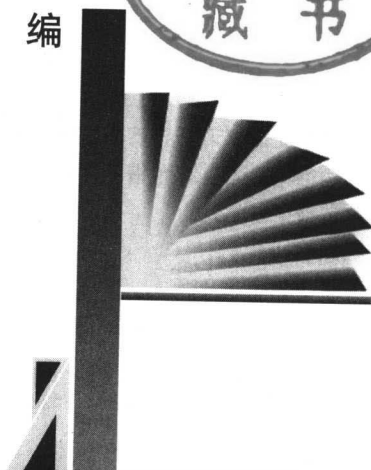
0342/62

2007

考研专业课复习指导系列丛书 (土木类)

—— 结构力学 复习及解题指导

黄 靖 编



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书是为参加土木工程类硕士研究生入学考试的考生复习结构力学课程而写,旨在提高考生分析问题、解决问题的能力。

本书作者在分析研究近年来多所重点大学的结构力学入学考试试题的基础上,结合多年从事结构力学教学与考研辅导的经验,本着精析精解、提高考生应试能力的原则,精心编写各章内容。

书中题目分为两种类型:第一类是选择题,其目的是测试基本概念和灵活运用基本知识的能力,这类题目稍作改变,即可演变为填空题或判断题;第二类是计算题,所选的题目均具有代表性和一定难度,突出了典型性和重点、难点。

本书可供参加土木工程类各专业硕士研究生入学考试的考生在进行结构力学课程复习时使用,亦可作为本科生的结构力学课程学习辅导用书。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学复习及解题指导/黄靖编. —2版. —北京:人民交通出版社, 2007.7

(考研专业课复习指导系列丛书. 土木类)

ISBN 978-7-114-06540-8

I. 结… II. 黄… III. 结构力学-研究生-入学考试-自学参考资料 IV. 0342

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第065844号

书 名: 考研专业课复习指导系列丛书(土木类)

结构力学复习及解题指导(第二版)

著 作 者: 黄 靖

责任编辑: 陈志敏 高 培

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 15.25

字 数: 263 千

版 次: 2004年6月第1版

2007年6月第2版

印 次: 2007年6月第2版第1次印刷 累计第2次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06540-8

定 价: 28.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

第二版前言

本书第一版已出版近三年,结合读者的意见、建议和近几年所见到的国内一些著名高校的考研试题,笔者在执教之余对第一版的内容进行了补充和修订。本书的特点是:

(1)继续本着精析精讲、提高考生力学水平和应试能力的要求编写各章内容。

(2)大量精选了近几年国内一些著名高校的入学试题,笔者给出了解答并注明了试题的出处。

(3)加强了对解题思路和方法的分析论述,一些题目给出了几种不同的解法并进行了评述。

(4)对第一版中的错误进行了改正。

由于作者水平有限,见到的资料有限,书中难免仍有错误和不足,敬请读者批评指正。

编者

2007年5月

第一版前言

本书是为参加土木工程类硕士研究生入学考试的考生在复习结构力学课程中,提高分析问题、解决问题的能力所写的。

本书作者在分析研究近年来国内多所重点大学的结构力学入学考试试题的基础上,结合多年从事结构力学教学与考研辅导的经验,本着精析精解、提高考生应试能力的原则,编写各章内容。

书中题目分两种类型:第一类是选择题,其目的是测试基本概念和灵活运用基本知识的能力,这类题目稍作改变,即可演变为填空题或判断题;第二类是计算题,所选的题目均具有代表性和一定难度。以上两类题目所有的解答都是编者精心完成并给出的。

编写时参考了多所重点大学的考研试题,因学校较多,恕不一一列举,在此表示诚挚的感谢。

研究生张志红参加了书稿的录排工作,在此表示感谢。

书中难免有错误和不足,欢迎读者批评指正,以不断修订提高本书质量,使其成为一本优秀的考研复习指导书。

编者

2004年6月

目 录

第一章 平面体系的几何组成分析	1
一、复习提要	1
二、考点习题分析与讲评	3
三、练习题	7
四、参考答案	9
第二章 静定结构的受力分析	10
一、复习提要	10
二、考点习题分析与讲评	14
三、练习题	34
四、参考答案	38
第三章 虚功原理和结构位移计算	40
一、复习提要	40
二、考点习题分析与讲评	42
三、练习题	52
四、参考答案	54
第四章 力法	55
一、复习提要	55
二、考点习题分析与讲评	57
三、练习题	86
四、参考答案	88
第五章 位移法、力矩分配法	90
一、复习提要	90
二、考点习题分析与讲评	92
三、练习题	133
四、参考答案	135
第六章 影响线	137
一、复习提要	137
二、考点习题分析与讲评	138
三、练习题	153
四、参考答案	155

第七章 矩阵位移法	156
一、复习提要	156
二、考点习题分析与讲评	161
三、练习题	167
四、参考答案	168
第八章 结构动力计算	169
一、复习提要	169
二、考点习题分析与讲评	171
三、练习题	197
四、参考答案	199
第九章 结构的稳定计算	200
一、复习提要	200
二、考点习题分析与讲评	203
三、练习题	209
四、参考答案	210
第十章 结构的塑性分析与极限荷载	211
一、复习提要	211
二、考点习题分析与讲评	212
三、练习题	214
四、参考答案	215
模拟试题(一)	216
模拟试题(一)参考答案	219
模拟试题(二)	221
模拟试题(二)参考答案	223
模拟试题(三)	226
模拟试题(三)参考答案	229
模拟试题(四)	231
模拟试题(四)参考答案	233
参考文献	235

第一章 平面体系的几何组成分析

一、复习提要

(一)名词定义

1. 刚片和刚片系

在体系的几何组成分析中,不考虑杆件微小的应变。这种不计应变的平面杆件称为刚片。由刚片组成的体系称为刚片系。

2. 几何可变体系和几何不变体系

当不考虑材料的应变时,位置和形状可以改变的体系称为几何可变体系,否则称为几何不变体系。如果几何可变体系发生微小位移后即成为几何不变体系,则称其为几何瞬变体系。只有几何不变体系才能用作结构。

3. 自由度

用来确定体系位置所需的独立坐标数称为自由度。

4. 约束

减少体系自由度的装置称为约束。约束的类型有链杆、单铰、复铰、单刚结和复刚结。

链杆为两端有铰的刚性杆(可以是直杆、曲杆或折线形杆),它的作用相当于一个约束;一个连接两个刚片的单铰相当于两个约束;一个连接 n 个刚片的复铰相当于 $n-1$ 个单铰;一个连接两个刚片的单刚性结点相当于三个约束;一个连接 n 个刚片的复刚性结点相当于 $n-1$ 个单刚性结点。

能减少体系自由度的约束称为必要约束。不改变体系自由度的约束称为多余约束。

5. 虚铰

连接两个刚片的两根链杆的交点或其延长线的交点称为虚铰。它的约束作用与实铰相同。

(二)平面体系自由度 W 的计算公式

1. W 的一般公式

$$W = 3m - 3r - 2h - s \quad (1-1)$$

式中: m ——刚片(内部无多余约束)数;

r ——单刚结点数;

h ——单铰数;

s ——支座链杆数。

2. 平面铰结体系的自由度计算公式

$$W = 2j - b - s \quad (1-2)$$

式中: j ——体系的铰结点数;

b ——体系内部的链杆数;

s ——支座连杆数。

3. 平面体系内部可变量($s=0$)

一般体系 $V = 3m - 3r - 2h - 3 \quad (1-3)$

铰接杆件体系 $V = 2j - b - 3 \quad (1-4)$

上两式中 m, r, h, j, b, s 意义同上。

平面体系几何不变的必要条件是 $W \leq 0$, 体系内部几何不变的必要条件是 $V \leq 0$ 。

(三)平面体系的基本组成规则

1. 两刚片规则

两个刚片用不相交于一点又不完全平行的三根链杆连接而成的是几何不变体系, 且无多余约束。

本规则也可表示为: 两刚片用一个铰和不通过该铰的一根链杆相连接而成的是几何不变体系, 且无多余约束。

2. 三刚片规则

三个刚片用三个不共线的单铰(虚铰或实铰)两两相连而成的是几何不变体系, 且无多余约束。

3. 二元体规则

一个无多余约束的刚片与一个点用两根不共线的链杆相连, 组成无多余约束的几何不变体系。所谓二元体, 是指由两根不在同一直线上的链杆连接一个新结点的连接方式或装置。在一个体系上增加或去掉二元体, 不改变体系的几何组成性质。

上述三条规则实质上就是三角形规则: 铰接三角形几何不变, 且无多余约束。

注意上述规则的限制条件, 如规则 1 的三链杆不共点, 规则 2 的三个铰不共线。当这些条件不满足时, 一般为瞬变体系(有时也可作为常变体系)。

(四)解题技巧

(1) 尽量撤去可以拆除的二元体, 使体系简化。

(2) 将体系归并成两刚片或三刚片的结合, 以便对照规则 1、2 进行分

析。为此,应尽量在体系内部寻找几何不变的子体系作为一个刚片。

(3)如上部体系与大地之间为三个支杆稳固联系,可以去掉三个支杆,只分析上部体系。如与大地的联系多于三个支杆,则不能去掉任一支杆,而将大地也看作一个刚片。

(4)遇到虚铰在无穷远处情况时,我们利用射影几何学的“平面不同方向所有无穷远点位于一条直线上,而一切有限远点均不在此直线上”的结论进行分析。

(5)对于不能直接利用规则进行分析的体系,可先作等效变换,即把体系中某个内部无多余约束的几何不变部分用另一个无多余约束的几何不变部分替换,并按原状况保持与其余部分的联系,然后再作分析。如复杂形状的两端为铰的刚片可以用直链杆等效代换。

(6)几何不变体系的基本组成规则可用于分析常见的大多数体系,对于复杂的体系,有时需要用其他方法如零载法,但切记零载法只适用于自由度 $W=0$ 的体系。

(7)作几何组成分析时,体系中的每一部分和每一个约束都不可遗漏或重复使用。

(8)计算铰结构体系自由度 W 时,凡是链杆的端点都应当算作结点,在计算体系的约束时,链杆和支杆应当区别开来,因为链杆是内部约束,而支杆是外部约束,两者不宜混淆。

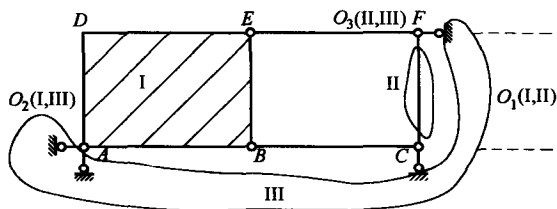
(五)提示

这一章内容在许多学校的试题中都涉及到。有的以填空或选择题的形式出现,有的以分析题的形式出现。

几何组成分析的技巧性高,灵活性大,因此,要多看多做习题,才能熟练掌握解题方法和技巧。

二、考点习题分析与讲评

题 1-1 分析题 1-1 图所示体系的几何组成。



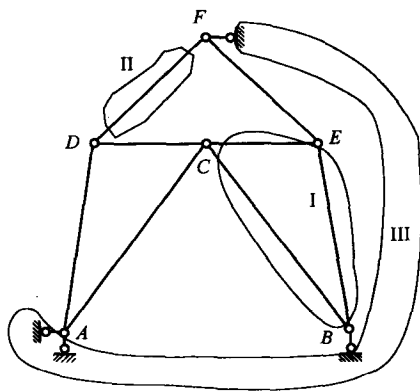
题 1-1 图

解:把 $ABED$ 、 CF 杆和基础分别看作刚片 I、II、III,三刚片分别由铰 O_1 、 O_2 、 O_3 两两相连,三铰不共线,该体系几何不变没有多余约束。解此题要点是用扩大刚片法,将 $ABED$ 视作一个刚片。

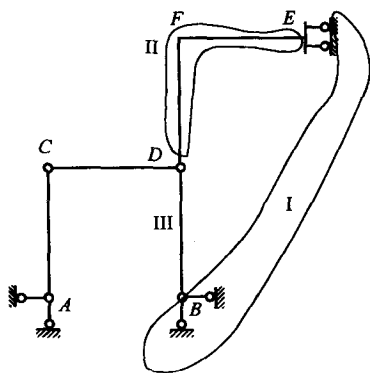
题 1-2 分析题 1-2 图所示体系的几何组成。(东南大学 2002 年试题)

解:把 BCE 、 DF 和基础分别看作刚片 I、II、III。其余的杆件包括 B 支座及 F 支座的支承链杆均看作链杆,共有六根,形成三个不共线的虚铰将刚片 I、II、III 两两相连,因此该体系几何不变,无多余约束。注意勿把 ADC 看成刚片,因那样将无法继续分析。取 DF 杆为刚片是明智的选择。

题 1-3 分析题 1-3 图所示体系的几何组成。



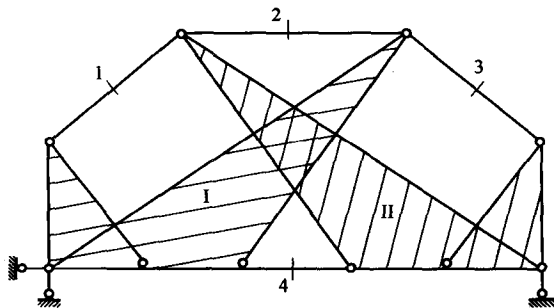
题 1-2 图



题 1-3 图

解:去掉二元片 AC 、 DC ,剩余部分视为刚片 II、III,基础视为刚片 I。可容易判定该体系几何不变,无多余约束。

题 1-4 分析题 1-4 图所示体系的几何组成。



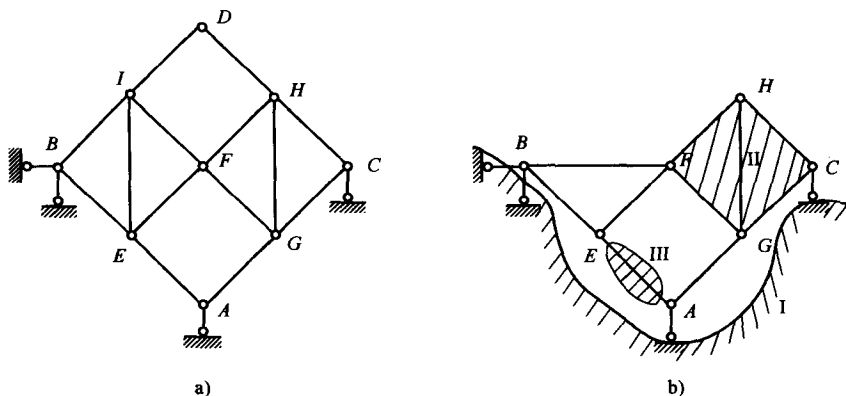
题 1-4 图

解:可去掉三个支座约束链杆,仅对体系内部进行分析。由扩大刚片法,在体系内部找出两个刚片 I、II,由四根链杆 1、2、3、4 相连,因此该体系几何不变,且有一个多余约束。解此题的关键是找到刚片 I 和刚片 II。

题 1-5 分析题 1-5 图 a) 所示体系的几何组成。

解:该体系不能直接应用基本规则分析其几何组成。因为其自由度:

$$W = 2 \times 9 - 14 - 4 = 0$$

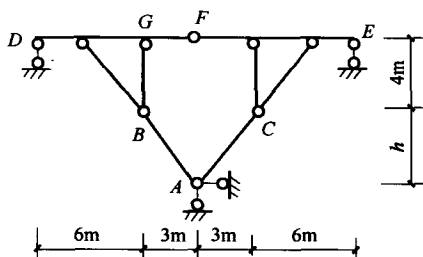


题 1-5 图

可用零载法判别。该方法的依据是:一个 $W=0$ 的体系,在无荷载作用时,由平衡条件求得的反力和内力,若只有零解,则体系为几何不变,且无多余约束;若有非零解,则为几何可变(包括瞬变)。请读者用零载法自行验证。下面采用等效变换法分析。等效变换法的依据是:一个体系内部无多余约束的几何不变部分,用另一个无多余约束的几何不变部分替换,并保持它与体系其余部分的连接不变,则这种替换不改变原体系的几何组成性质,视为等效变换。

去掉二元片 ID 、 HD ,用三角形刚片 BEF 代换原四边形刚片 $BEFI$,如图 b) 所示。注意,这种替换没有改变原 $BEFI$ 部分与体系其他部分的连接。即原体系的 $BEFI$ 部分与代换的 BEF 部分都是由铰 B 、 E 、 F 与其他部分连接的。因此这种替换是等效替换。将图 b) 中的基础,四边形 $GFHC$ 及链杆 AE 分别视作刚片 I、II、III,分别由虚铰 A 、 C 和 A 、 C 连线方向上无穷远处虚铰相连,三铰共线,并当发生微小变形后,三铰不再共线,因而是瞬变体系。

题 1-6 题 1-6 图所示体系 $AB=AC$, 当 h 满足什么条件时, 体系为几何不变。



题 1-6 图

解: 把 BDF 、 CEF 和基础看成三个刚片, 显然 AB 、 AC 延长不交于 D 、 E 两点, 体系为几何不变。交于 D , 则有:

$$\frac{BG}{AF} = \frac{DG}{DF}$$

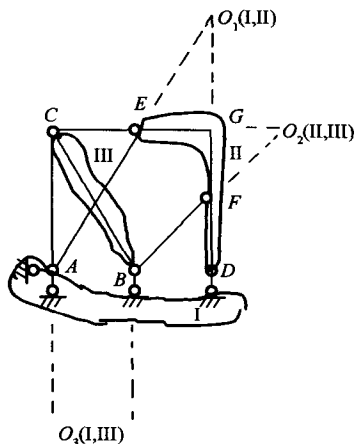
$$\frac{4}{4+h} = \frac{6}{9}, h=2\text{m}.$$

因此, 条件 1: $h \neq 2\text{m}$ 。

再者, 若 $h \rightarrow \infty$, 则 AB 平行于 D 支座链杆, AC 平行于 E 支座链杆, 形成两个无穷远处虚铰与铰 F 共线, 体系为瞬变。

因此, 条件 2: $h \neq \infty$ 。

题 1-7 分析题 1-7 图所示体系的几何组成。

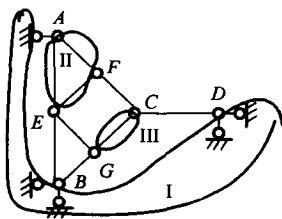


题 1-7 图

解: 分别取基础、杆 DEG 和杆 BC 为刚片 I、II 和 III, 其余 6 根链杆形成三个不共线的瞬铰 O_1 、 O_2 、 O_3 。体系几何不变, 无多余约束。解此题的关键是把杆 BC 视为刚片。若把铰接三角形 ACE 视为刚片, 则无法求解。

题 1-8 题 1-8 图为三角形及其他链杆所成体系, 试考察 BC 边上 G 铰不同位置与体系整体几何特性的关系。(北京交通大学 2003 年试题)

解: 将基础视为刚片 I, $\triangle AEF$ 视为刚片 II, 链杆 CG 视为刚片 III。由于 G 位置不同,



题 1-8 图

可以有以下 3 种情况：

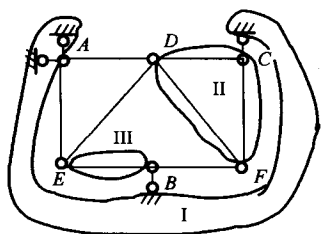
(1) 当 G 铰与 B 铰重合，即 EB 杆与 EG 杆重合。此时，杆 DC 、 BC 与基础构成一没有多余约束的刚片，再将 $\triangle AEF$ 看作刚片，两刚片由支座 A 的支承链杆和 BE 、 CF 两根链杆相连，三根链杆共线，整个体系瞬变。

(2) 当 G 铰与 C 铰重合，可把 $\triangle ABC$ 与大地看作一个没有多余约束的刚片，再把 CD 杆看成另一个刚片，显然，整个体系几何不变，有一个多余约束。

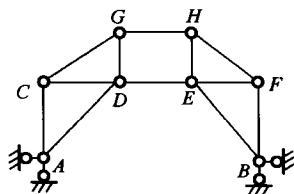
(3) 当 G 铰位于 BC 之间，若 $EG \parallel FC$ ，则体系瞬变，若 EG 杆与 FC 杆不平行，则体系几何不变，无多余约束。

题 1-9 对图示体系作几何组成分析。(哈尔滨建筑大学 1999 年试题)

解：将基础、 $\triangle DCF$ 和杆 BE 分别看作刚片 I、II、III，剩余链杆包括 C 、 B 支座的二个支承链杆形成三个不共线的瞬铰，使三个刚片两两相连，因此该体系几何不变无多余约束。正确选择刚片 II、III 是解本题之关键，不要把 ADE 看成一刚片，这样才可能把 AD 杆和 AE 杆看成是与基础相连的链杆。而 DC 杆、 CF 杆则不能看成与地基相连的链杆，因此把 $\triangle CDF$ 看成刚片就是这个道理。类似的问题还有很多，如题 1-2、1-5、1-8 等都是如此处理。



题 1-9 图



题 1-10 图

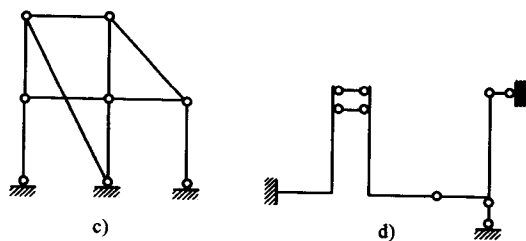
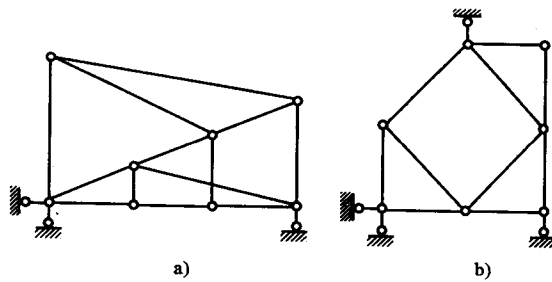
题 1-10 对图示体系进行几何构造分析。(清华大学 1996 年试题)

解：把基础以及 $ACDG$ 和 $BEFH$ 分别看作三个刚片。链杆 GH 、 DE 与 A 、 B 铰连线平行，在无穷远处相交，因此该体系是瞬

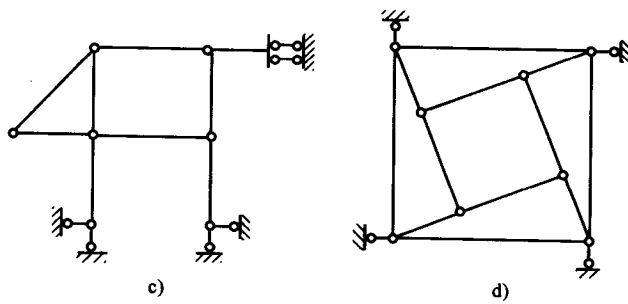
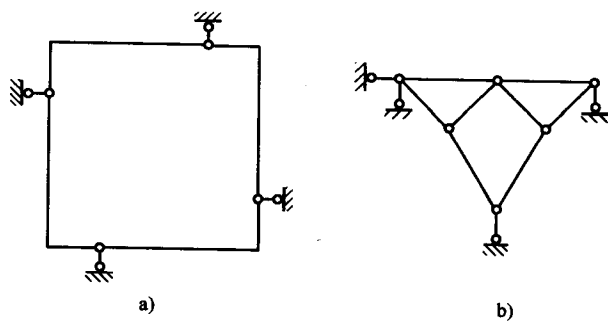
变体系。

三、练习 题

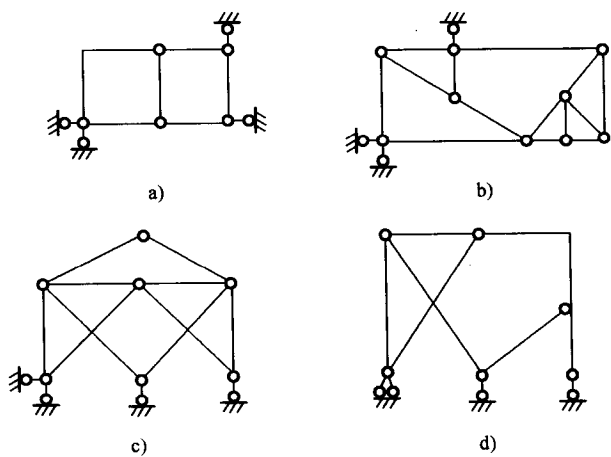
1. 对图示体系进行几何组成分析。
2. 对图示体系进行几何组成分析。
3. 对图示体系进行几何组成分析。



习题 1 图



习题 2 图



习题 3 图

四、参 考 答 案

1. a)~d)均为无多余约束的几何不变体系。
2. a)~d)均为无多余约束的几何不变体系。
3. a)为瞬变体系,其余均为无多余约束的几何不变体系。

第二章 静定结构的受力分析

一、复习提要

(一)静定结构受力分析的基本方法

静定结构是没有多余约束的几何不变体系,其反力和内力只用静力平衡方程就能确定。这是静定结构的基本静力特征。

静定结构受力分析的基本方法是用截面法取隔离体,画受力图,对受力图建立平衡方程求反力和内力。求解时,应尽可能做到一个方程只含一个未知力,从而避免解联立方程。

分析对称结构时,应充分利用对称结构的力学性能。对称结构在对称影响(荷载、温度变化、支座移动等)作用下,其反力、内力、位移均对称,在反对称影响作用下,其反力、内力、位移均反对称。这一结论对超静定结构也适用。

(二)各类静定结构力学特性及分析要点

1. 静定梁与静定刚架

梁、刚架以受弯变形为主,其内力一般有弯矩、剪力和轴力。

在梁与刚架的计算中,利用荷载、剪力、弯矩之间的微分关系,如图 2-1 所示为:

$$\frac{dM}{dx} = F_Q \quad \frac{dF_Q}{dx} = -q \quad \frac{d^2M}{dx^2} = -q \quad (2-1)$$

并结合高等数学中所学的函数作图与导数关系的知识,可以毫无困难地判断出各段杆的弯矩图、剪力图的大致形状。任意一段直杆,只要知道了其杆端弯矩,就可以把它看成简支梁,用叠加法作出该段的弯矩图。从结构中取出某段杆 AB,其受力情况如图 2-2a) 所示,它等价于图 2-2b) 所示的简支梁,采用分

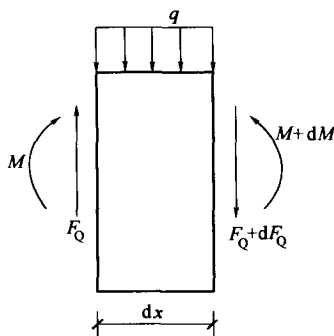


图 2-1