

结构力学

自学指导与习(试)题分析

周树培 编

重庆大学出版社



994368

结构力学

自学指导与习(试)题分析

周树培 编

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是为自学考试者掌握自学考试教材《结构力学》(郭长城主编,武汉大学出版社出版)的基本概念、基本原理和计算方法,顺利通过考试而编写的。

全书共12章。内容包括:平面体系的几何组成分析,静定平面刚架、多跨静定梁、三铰拱、静定平面桁架等静定结构的内力和位移计算,力法、位移法、力矩分配法求解超静定结构及超静定结构的位移计算,结构影响线及其应用,矩阵位移法等部分。

本书适合于工业与民用建筑专业自学考试学生学习《结构力学》时使用,也可供高等院校有关专业的本、专科学生,函授、电大、夜大学生参考。

结构力学

自学指导与习(试)题分析

周树培 编

责任编辑 彭 宁

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆电力印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:12.5 字数:308千

1996年9月第1版 1996年9月第1次印刷

印数:1—3000

ISBN 7-5624-1257-X/O·139 定价:11.50元

(川)新登字020号

前 言

本书以高等教育《结构力学自学考试大纲》为依据;以郭长城主编、武汉大学出版社出版的全国高等教育自学考试教材《结构力学》为主线;以该教材各章的基本概念、基本理论、基本方法的归纳总结和灵活、透彻的习(试)题分析为向导,在总结编者多年从事本课程的本科教学和自学考试教学经验的基础上编写而成。

本书特点:(1)根据《结构力学自学考试大纲》的要求,结合对四川省历届自学考试的结构力学试题分析的基础上,对各章提出了更明确的基本要求;(2)在基本内容及解题指导部分,对各章的重要概念、原理、方法、解题技巧及容易出错的问题等,均作了系统而简练的归纳总结,不仅指出如何学好重点、难点,还指出各章内容有机的内在联系;(3)在习题及典型例题分析部分,对各章的计算题(“矩阵的基本知识”一章除外)、综合测试题及考题示例均作了详细解答,为了巩固和加深对理论、方法的理解与掌握,还补充了有一定难度、富于思考的典型例题,以培养学生对自学考试的应变能力;(4)书末附有历届自学考试的结构力学试题,并予以解答,以便学生了解题型、试题难度及在各章的分布情况,帮助学生充分作好考前复习准备;(5)为了节约篇幅,对教材已作过解答的概念题,以及容易在本书归纳总结中找到答案的题未予解答。

本书由重庆建筑大学冯翼然教授细心审阅,在此表示诚挚的敬意和衷心的感谢。

限于编者水平,若有谬误或欠妥之处,竭诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

1996年1月

CA342/02

目 录

第一章 绪论	1
一、基本要求	1
二、基本内容	1
(一)结构力学的任务	1
(二)结构的计算简图	1
(三)常见的杆件结构	1
第二章 平面体系的几何组成分析	2
一、基本要求	2
二、基本内容及解题指导	2
(一)重要概念	2
(二)几何组成分析的目的	2
(三)无多余约束的几何不变体系的组成规则	2
(四)运用规则作机动分析应注意的问题	2
(五)机动分析的解题方法	3
(六)静定、超静定体系的几何特性和静力特性	3
三、习题分析	3
第三章 静定平面刚架	6
一、基本要求	6
二、基本内容、基本技巧及解题指导	6
(一)内力正负号的规定	6
(二)内力计算的方法和计算公式	6
(三)由杆端弯矩求杆端剪力的方法、公式	6
(四)内力图的绘制	7
(五)绘内力图应注意的问题	7
(六)绘内力图的步骤	7
三、习题分析	8
第四章 多跨静定梁	26
一、基本要求	26
二、基本内容	26
(一)多跨静定梁的组成特点	26
(二)多跨静定梁的受力特点	26
三、习题分析	26
第五章 三铰拱	30
一、基本要求	30
二、基本内容	30
(一)三铰拱的几何组成及受力特点	30
(二)三铰拱的反力计算	30

(三)三铰拱的内力计算	30
(四)三铰拱的合理拱轴	31
三、习题及典型例题分析	31
第六章 静定平面桁架	34
一、基本要求	34
二、基本内容、基本方法及解题指导	34
(一)桁架的受力特点及分类	34
(二)基本公式和基本方法	34
(三)简化计算的措施	35
(四)满跨均布结点荷载作用下三种梁式桁架的受力特性	35
(五)组合结构的计算	35
(六)桁架的解题步骤及解题技巧	35
三、习题分析	36
第七章 静定结构的位移计算	45
一、基本要求	45
二、基本内容	45
(一)位移计算的基本理论	45
(二)位移计算的基本公式及基本方法	45
(三)结构由于温度改变、制造误差产生的位移计算公式	46
(四)结构由于支座移动产生的位移计算公式	46
(五)位移计算的步骤	47
三、习题分析	47
综合测试题一解答	58
第八章 力法	62
一、基本要求	62
二、基本内容及解题指导	62
(一)力法的基本原理	62
(二)力法的基本结构及基本未知量	62
(三)力法方程	62
(四)超静定结构的内力计算	63
(五)内力图的校核	63
(六)力法的解题步骤	63
(七)超静定结构的位移计算	64
(八)等代结构——结构对称性的利用	64
(九)常见的三种无弯矩情况	64
(十)力法解超静定桁架、铰接排架和双铰拱	64
三、习题及典型例题分析	65
第九章 位移法	83
一、基本要求	83
二、基本内容及解题指导	83
(一)位移法的基本原理	83

(二)位移法的基本结构	83
(三)位移法的基本未知量	83
(四)等截面直杆的转角位移方程及杆端力、杆端位移正负号的规定	83
(五)位移法方程及解题步骤	86
(六)关于简化计算的问题	87
(七)几个注意的问题	87
(八)力法与位移法对比	88
三、习题及典型例题分析	88
第十章 力矩分配法	105
一、基本要求	105
二、基本内容及解题指导	105
(一)力矩分配法的基本概念	105
(二)力矩分配法的基本原理	105
(三)力矩分配法的解题步骤及注意点	106
(四)力矩分配法与位移法的比较	106
(五)无剪力分配法	107
三、习题及典型例题分析	107
综合测试题二解答	124
第十一章 影响线及其应用	130
一、基本要求	130
二、基本内容及解题指导	130
(一)影响线的概念	130
(二)绘静定结构影响线的方法	130
(三)影响线的应用	131
(四)超静定结构(连续梁)的影响线	132
(五)连续梁的弯矩包络图	133
三、习题及典型例题分析	133
第十二章 矩阵位移法	140
一、基本要求	140
二、基本内容、基本公式	140
(一)矩阵位移法的基本原理和基本思路	140
(二)矩阵位移法的基本公式	140
(三)矩阵位移法分析结构的步骤	143
三、习题及典型例题分析	144
考题举例解答	171
附录	179
1993年10月四川省第20次自学考试结构力学试题	179
1994年10月四川省第22次自学考试结构力学试题	182
试题提示及答案	185
总复习指导	187

第一章 绪 论

一、基本要求

1. 了解结构力学的任务。
2. 掌握结构计算简图概念及确定计算简图的原则。

二、基本内容

(一) 结构力学的任务

结构力学的任务是：研究杆件结构的强度、刚度和稳定性的计算原理和计算方法。对于大学专科，稳定性计算不作要求。强度、刚度计算，都离不开内力计算。因此，自考教材《结构力学》(郭长城主编)的核心是研究结构在荷载等因素作用下，内力和位移的计算。

(二) 结构的计算简图

用来代替实际结构进行简化计算的图形，称为结构的计算简图。杆件结构的计算简图包括支座、结点和杆件的计算简图。

1. 支座

杆件结构常用的支座简图有四种：

- 1) 活动铰支座 仅有一个沿支杆的反力。
- 2) 铰支座 将其反力分解成两个正交分量。
- 3) 固定支座 有两个正交的反力和一个反力矩。
- 4) 定向支座 有一个沿支杆的反力和一个反力矩。

2. 结点

杆件结构常见的结点简图有三种：

- 1) 铰结点 特点是铰结点上各杆可产生相对转动，各杆端转角一般不同；杆端无弯矩。
- 2) 刚结点 特点是刚结点上各杆不能相对转动，各杆端转角相同；杆端一般都产生弯矩。
- 3) 组合结点 同时具有以上两种结点的特点。

3. 杆件

对杆件结构，均以杆件轴线作为杆件的计算简图。

(三) 常见的杆件结构

常见杆件结构为：梁、拱、桁架、刚架和排架等。

第二章 平面体系的几何组成分析

一、基本要求

1. 理解几何不变体系、可变体系、瞬变体系等概念。
2. 掌握无多余约束的几何不变体系的组成规则。
3. 熟练运用上述规则分析常见结构的几何组成,正确判断超静定结构的超静定次数。

二、基本内容及解题指导

(一)重要概念

1)几何不变体系 必须明确,分析体系的组成时不计杆件的弹性变形,即视杆件为刚片。由刚片联结成的几何形状和位置都不变(即不发生弹性位移和刚体位移)的体系,称为几何不变体系。只有这种体系,才能作为建筑结构。

2)瞬变体系、可变体系 能发生微小刚体位移,并产生很大内力的体系,称为瞬变体系。可以发生非微量刚体位移的体系,称为可变体系或常变体系。常变、瞬变体系都不能作为建筑结构。

3)自由度、约束、多余约束 确定体系位置所需要的独立坐标数目,称为自由度。能减少体系自由度的装置,称为约束。一根链杆相当于一个约束。联结两个刚片的单铰相当于两个约束(或两根链杆)。联结两个刚片的两根链杆的交点,称为虚铰。联结 n 个刚片的复铰相当于 $n-1$ 个单铰。若去掉某个约束后,体系就不能维持几何不变,则该约束称为必要约束。若去掉某个约束后,体系仍能保持几何不变,则该约束称为多余约束。

(二)几何组成分析的目的

分析体系能否维持几何不变、有无多余约束、按什么规则组成,称为体系的几何组成分析或机动分析。机动分析的目的在于:检查并保证结构的几何不变性,判断体系是静定还是超静定的,以寻求解决问题的方案和途径。

(三)无多余约束的几何不变体系的组成规则

按以下规则组成的体系,是无多余约束的几何不变体系:

1)三刚片规则 三刚片以三铰两两相联,三铰不在一直线上。

2)两刚片规则 两刚片以一铰及一根不通过铰的链杆相联,或两刚片以三根不相平行也不交于一点的链杆相联。

3)二元体规则 刚片上加“两杆结点”组成新刚片。

(四)运用规则作机动分析应注意的问题

1)不能出现瞬变体系。规则1)、2)均有限制条件(例如,链杆不通过铰等),若不满足限制条件,就会组成瞬变体系。又当三刚片以三对平行杆两两相联,即三个虚铰均在无穷远处时,也组成瞬变体系。

2)正确判断两杆结点。只有当拆除两杆结点后,余下的体系其自由度不变的才是两杆结点,否则不是两杆结点。

3)分清基本部分和附属部分。

4) 有些复杂的体系, 虽然不满足以上规则, 但仍能组成几何不变体系。

(五) 机动分析的解题方法

1) 一般平面体系 应先将平面体系中能直观判断出的几何不变部分作为刚片, 然后再按规则分析余下的部分。

2) 平面铰结体系 可由一个基本三角形出发, 依次增加二元体(两杆结点)后, 再用规则作整体分析; 或先从整体上依次去掉二元体, 然后再分析余下的部分。

3) 无明显二元体或支杆多于 3 根的体系 可视基础(地球)为刚片; 当体系只有 3 根支杆时, 可去掉支杆后再作分析。

4) 为了便于分析, 可视链杆(直杆、曲杆、折杆)为刚片, 也可视刚片为链杆。

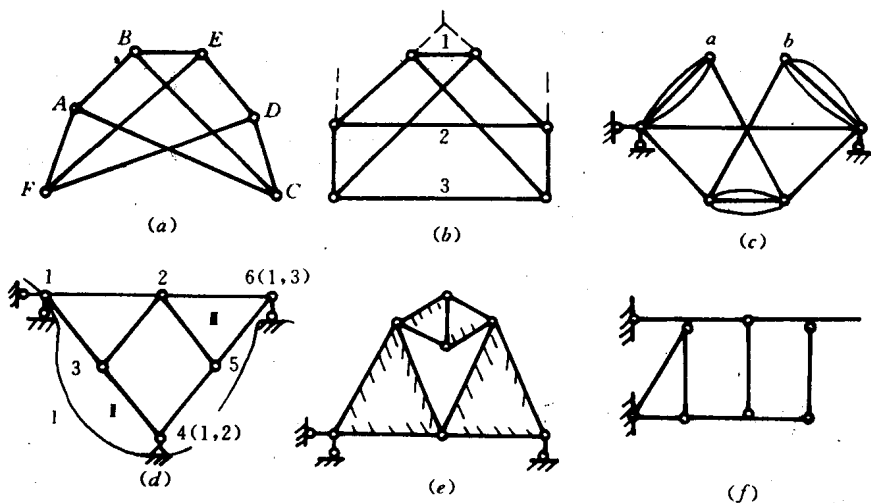
(六) 静定、超静定体系的几何特性和静力特性

静定体系的几何特性是无多余约束的几何不变体系; 静力特性是反力、内力能完全由静力平衡方程求出, 其解是唯一的有限值。

超静定体系的几何特性是有多余约束的几何不变体系; 静力特性是反力、内力仅由静力平衡方程不能全部求出。

三、习题分析

题 2-8(“教”P. 16)* 对图示体系作几何组成分析。



题 2-8 图

解 1) 如图 *a* 所示, 若视 *ABC*、*DEF* 为刚片, 则体系按两刚片规则用三链杆 *BE*、*AF*、*DC* 相联成无多余联系的几何不变体系。或者, 视 *BE*、*AF*、*DC* 三杆为三个刚片, 用三对链杆两两相联成无多余联系的几何不变体系。

2) 如图 *b* 所示, 若视 1、2、3 杆为三个刚片, 则体系按三刚片规则用在一铅直线上的三个虚铰相联成瞬变体系。

3) 如图 *c* 所示, 体系只有 3 根支杆, 除去 3 支杆后, 若按三刚片规则分析, 则缺少一根链杆

* 括号内的“教 P. 16”是指本题在郭长城主编的《结构力学》教材的第 16 页。下同。

ab , 故原体系为可变体系。

4) 如图 d 所示, 体系的支杆多于 3 根, 故应视地球与 1 处的二支杆为一刚片 I, 若再视杆 34 及三角形 256 为刚片 II、III, 则体系按三刚片规则组成 (4、6 两点是两个虚铰)。若杆 23 与 45 平行, 为瞬变体系, 不平行则为几何不变体系。

5) 如图 e 所示, 除去三支杆后, 体系按三刚片规则组成无多余联系的几何不变体系。

6) 如图 f 所示, 从右往左, 依次去掉全部二元体。可见体系为无多余联系的几何不变体系。

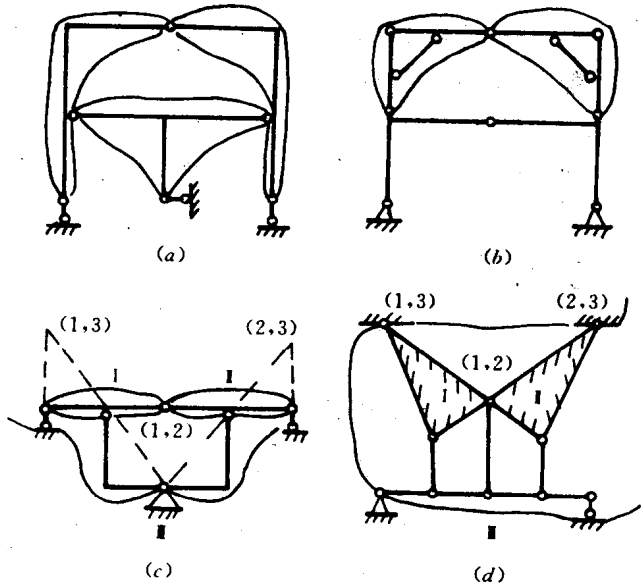
题 2-9 分析图示体系的几何组成。

解 1) 如图 a , 除去三支杆后, 余下部分按三刚片规则组成无多余约束的几何不变体系。

2) 如图 b , 从下往上看, 下层是按三刚片规则组成的几何不变的三铰刚架, 属基本部分; 上层是附属部分, 是由两个刚片与下层 (刚片) 按三刚片规则组成为静定的几何不变体系。

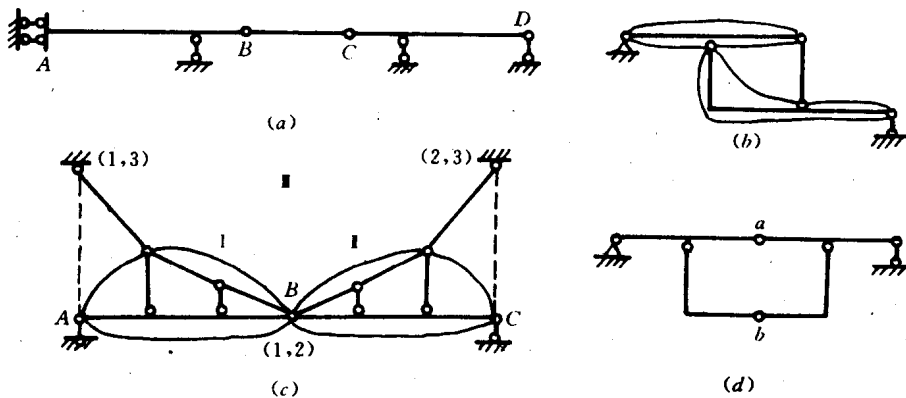
3) 如图 c , 支杆较多, 可视地球为刚片 III, 则体系按三刚片规则组成为无多余约束的几何不变体系。

4) 如图 d , 视地球为刚片 III, 它与刚片 I、II 按三刚片规则组成为无多余约束的几何不变体系。余下部分是自左往右加上去的二元体。



题 2-9 图

题 2-10 分析图示体系的几何组成。



题 2-10 图

解 1)如图 *a*,支杆较多,视地球为一刚片,它与杆 *AB* 按两刚片规则组成无多余联系的几何不变体系,属基本部分;杆 *CD* 与基本部分仍按两刚片规则组成几何不变体系,属附属部分。

2)如图 *b*,除去三支杆后,余下部分按两刚片规则组成无多余联系的几何不变体系。

3)如图 *c*,视地球为刚片 **■**,*AB*、*BC* 杆及其上的二元体分别组成刚片 **I**、**II**,故体系按三刚片规则组成无多余联系的几何不变体系。

4)如图 *d*,除去三支杆后,余下部分应增加杆 *ab*,才能组成几何不变体系。

第三章 静定平面刚架

一、基本要求

1. 会根据机动分析分清主从关系,寻求解题途径。
2. 熟练运用取隔离体、列平衡方程正确计算支座反力和内力。
3. 熟练掌握刚架内力图的绘制。

二、基本内容、基本技巧及解题指导

刚架的特点是具有能承受并传递弯矩、剪力、轴力的刚结点,各杆件的横截面上一般同时存在这三种内力。

(一)内力正负号的规定

轴力 N 离开截面的拉力为正。

剪力 Q 绕截面附近一点顺时针转的剪力为正。

弯矩 M 弯矩的正负号一般不作规定,但为了计算方便,横梁、斜杆和立柱的弯矩也可规定为:横梁、斜杆以下边纤维受拉的弯矩为正,立柱以左侧(或右侧)纤维受拉的弯矩为正。

(二)内力计算的方法和计算公式

截面上的内力总设为正。计算内力的基本方法是截面法,经简化后的截面法称为简化法。计算内力的基本公式是平衡方程。

1. 截面法

利用取隔离体、列平衡方程求内力的方法称为截面法。它是求内力最普遍的方法,又可称为基本方法。

2. 简化法

为了避免基本方法取隔离体、列平衡方程的麻烦,可采用由隔离体的平衡方程移项后导出的公式来直接计算内力。这种由公式直接计算内力的方法称为简化法。内力计算公式为

$$N = \sum X, \quad Q = \sum Y, \quad M = \sum m. \quad (3-1)$$

任意截面的轴力等于该截面一侧隔离体上所有外力在杆轴上投影的代数和,总和号内的投影以同正轴力反向的外力取正,同向的取负。

任意截面的剪力等于该截面一侧隔离体上所有外力在垂直杆轴方向投影的代数和,总和号内的投影以同正剪力反向的外力取正,同向的取负。

任意截面的弯矩等于该截面一侧隔离体上所有外力对截面形心 C 力矩的代数和,总和号内的力矩以同正弯矩转向相反的取正,同向的取负。

(三)由杆端弯矩求杆端剪力的方法、公式

对于受荷载比较复杂的水平杆或斜杆 AB ,通常是按以下思路计算内力:先由截面法或简化法求杆 AB 两个端截面上的弯矩,即杆端弯矩 M_{AB} 、 M_{BA} ;再取杆 AB 为隔离体,由杆端弯矩、杆端剪力、外荷载的平衡列出力矩平衡方程求杆端剪力 Q_{AB} 、 Q_{BA} ;最后,取刚结点或杆件为隔离体由投影方程求轴力。

为了使杆端剪力的计算得到简化,下面提供一个由杆端弯矩直接求杆端剪力的技巧。即只要把对隔离体列的力矩平衡方程 $\sum m_B = 0$ 移项并整理后,就可导出一个直接计算(不取隔离体、不列力矩方程)杆端剪力的公式

$$Q_{AB} = Q_{AB}^0 - \frac{1}{l}(M_{AB} + M_{BA}) \quad (3-2)$$

式中 l ——杆 AB 的长度;

Q_{AB}^0 ——将 AB 视为简支梁时,梁上荷载产生在端截面 A 上的剪力;

M_{AB} 、 M_{BA} ——杆 AB 的杆端弯矩(对于隔离体, M_{AB} 、 M_{BA} 属外力),在式(3-2)中以绕杆端顺时针转的弯矩为正。

(四)内力图的绘制

1) M 图 画在杆件受拉一侧,不注正负号。

2) Q 、 N 图 横梁、斜杆的 $+Q$ 、 $+N$ 画在杆件上侧,立柱的 $+Q$ 、 $+N$ 可画在柱的左侧或右侧,必须注正负号。

(五)绘内力图应注意的问题

1) 计算内力时,截面应垂直杆轴,内力总设为正。

2) 内力图的纵坐标应垂直杆轴,用叠加法画 M 图时,叠加(应是相应纵坐标相加)上去的弯矩纵坐标也应垂直杆轴,并应由基线量出。

3) 弯矩图总是凸向荷载的指向,无荷载作用的杆件,该段杆的弯矩图为一 条直线。

4) 集中力作用处,剪力图出现突变,突变值等于该集中力。当从左至右画图时,向下的集中力向下突变。

5) 集中力偶作用处,弯矩图出现突变,突变值等于该集中力偶。当从左至右画图时,顺时针的力偶向下突变。

6) 两杆汇交的刚结点上无外力偶作用时,该点处两杆端弯矩数值相等,且同为外侧受拉或同为内侧受拉。刚结点上 有外力偶作用,尤应注意校核该点的力矩平衡条件时,切勿漏掉外力偶。

7) 铰支端、自由端或铰结点上无外力偶作用时,该端或铰所在截面的弯矩为零;有外力偶时,这些截面的弯矩就等于外力偶矩。

8) 主从结构的受力特点是:力作用在基本部分上时,附属部分不受力;力作用在附属部分上时,两部分都受力。故对主从结构应先分析附属部分后算基本部分。

9) 静定结构的某部分能平衡外力时,其它部分不受力。

(六)绘内力图的步骤

1) 求反力 先分析几何组成,分清附属部分和基本部分;然后,适当选取隔离体,由平衡方程求反力和联系处的反力,并在图上标出其正确指向和数值。迅速正确计算反力至关重要。

2) 求内力 用截面法截取受力最简单的一侧为隔离体,采用基本方法(列平衡方程)或简化方法(直接按式(3-1)、(3-2))逐杆计算控制截面的内力。

简化方法计算内力的公式(3-1)、(3-2)在后面各章经常被采用,很简便。但须指出:虽然不画隔离体图,但思想上应有一个清晰的隔离体;虽然不列平衡方程,但应很好掌握简化方法(即式(3-1)、(3-2))中关于总和号及圆括号内正负号的确定。

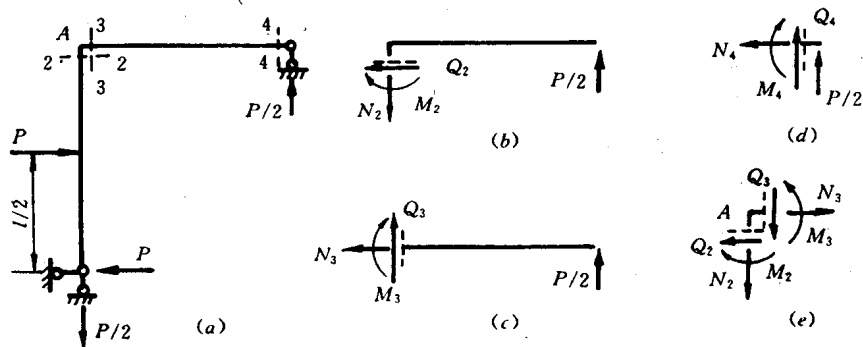
3) 绘内力图 利用 M 、 Q 、 q 间的微分关系,突变关系及内力图的特征绘内力图;注意以简

支梁的 M 图为依据的叠加法绘 M 图,以及按式(3-2)求杆端剪力的方法等技巧的应用。要求熟练掌握 M 图的绘制。

4)校核内力图 内力图上一般不画作用在原结构上的外荷载,但当取结点或杆件为隔离体校核内力图的正确性时,则不能漏掉作用在该隔离体上的外荷载(见题 3-12 图 a 、 b)。

三、习题分析

题 3-2(“教”P. 24) 求刚架截面 2-2、3-3、4-4 上的内力 M 、 Q 、 N ,并作验算。已知各杆长 l 。



题 3-2 图

解 1)反力 这是简支型刚架,由三个平衡方程可求出全部反力(图 a)。

2)内力 用三个截面截取 3 段杆为隔离体(图 b 、 c 、 d),截面上的内力均设为正,由式(3-1)分别得内力。

图 b $M_2 = Pl/2$, $Q_2 = 0$, $N_2 = P/2$

图 c $M_3 = Pl/2$, $Q_3 = -P/2$, $N_3 = 0$

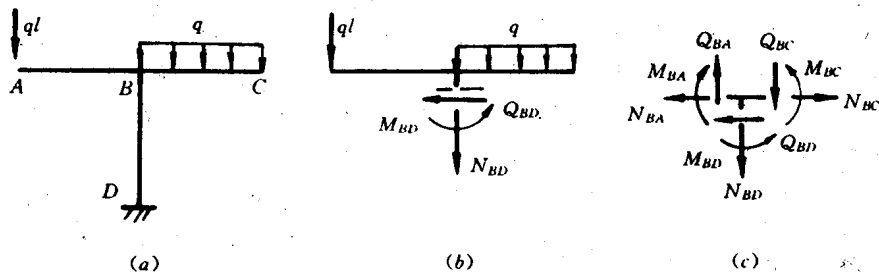
图 d $M_4 = 0$, $Q_4 = -P/2$, $N_4 = 0$

题 3-3 验算题 3-2 中刚结点 A 的平衡。写出点 A 处截面 2-2、3-3 上的 M 、 Q 、 N 间的关系;指出铰支端弯矩等于多少?

解 1)验算结点 A 取点 A 为隔离体(题 3-2 图 e),截面上的内力均设为正。由上题的内力数值及其正负号,可知结点 A 满足平衡方程 $\sum X = 0$, $\sum Y = 0$, $\sum m_A = 0$ 。

2) M 、 Q 、 N 间的关系 因点 A 上无外力偶作用,故有 $M_2 = M_3$ 且同为内侧受拉;又因点 A 上无外力作用,故有 $Q_2 = N_3$, $Q_3 = -N_2$ 。

3)铰支端弯矩 当铰支端无外力偶时,铰支端弯矩为零。



题 3-4 图

题 3-4(“教”P. 25) 对图示刚架要求:(1)用截面法求 M_{BD} 、 Q_{BD} 、 N_{BD} ; (2)先求 M_{BA} 、 Q_{BA} 、 N_{BA} 和 M_{BC} 、 Q_{BC} 、 N_{BC} ,再由点 B 的平衡求 M_{BD} 、 Q_{BD} 、 N_{BD} ; (3)对比以上两种结果。已知各杆长 l 。

解 本题属固端型刚架,可以不求反力。

1)截面法求内力 取杆 AC 为隔离体,截面上的内力均设为正(图 b)。由式(3-1),有

$$M_{BD} = ql^2/2 - ql \times l = -ql^2/2 \quad (\text{右拉})$$

$$Q_{BD} = 0, \quad N_{BD} = -ql - ql = -2ql \quad (\text{压})$$

2)由点 B 的平衡求内力 先分别取杆 AB、BC 为隔离体(隔离体图略),由式(3-1)有

$$\text{杆 AB} \quad M_{BA} = -ql^2, \quad Q_{BA} = -ql, \quad N_{BA} = 0$$

$$\text{杆 BC} \quad M_{BC} = -ql^2/2, \quad Q_{BC} = ql, \quad N_{BC} = 0$$

再由点 B 的平衡求内力,即

$$\text{点 B(图(c))} \quad M_{BD} = M_{BA} - M_{BC} = -ql^2 - (-ql^2/2) = -ql^2/2$$

$$Q_{BD} = N_{BC} - N_{BA} = 0, \quad N_{BD} = Q_{BA} - Q_{BC} = -2ql$$

3)对比结果 对比 1)、2),可见完全相同。

题 3-5 求截面 1-1、2-2、3-3 上的内力。结构、荷载及截面 1-1、3-3 均对称于竖轴,试观察截面 2-2、3-3 上剪力的正负关系。

解 1)内力

$$\text{截面 1-1} \quad M_1 = 0, \quad Q_1 = 0, \quad N_1 = 0$$

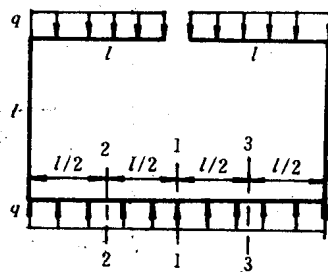
$$\text{截面 2-2} \quad M_2 = q \times l/2 \times l/4 = ql^2/8$$

$$Q_2 = -ql + ql/2 = -ql/2, \quad N_2 = 0$$

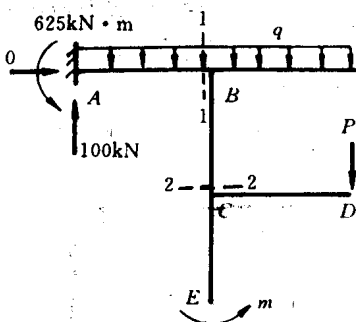
$$\text{截面 3-3} \quad M_3 = q \times l/2 \times l/4 = ql^2/8$$

$$Q_3 = ql - ql/2 = ql/2, \quad N_3 = 0$$

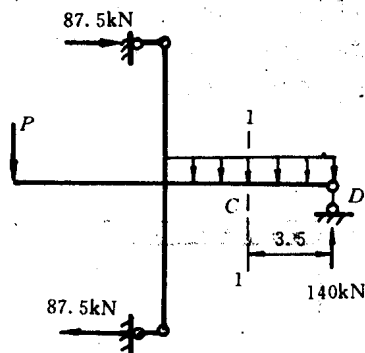
2)截面 2-2、3-3 上剪力的正负关系 Q_2 、 Q_3 数值相等,符号相反,即对称截面上的剪力是反对称的。



题 3-5 图



题 3-6 图



题 3-7 图

题 3-6 求截面 1-1、2-2 上的弯矩。已知各段杆长 $l = 5\text{m}$, $q = 5\text{kN/m}$, $P = 50\text{kN}$, $m = 125\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

解 1)反力

这是固端型刚架,可以不求反力。但为了便于计算内力,本题仍求出了反力(题 3-6 图)。

2)弯矩 由杆 AB 有

$$M_1 = -625 - 5 \times 5 \times 2.5 + 100 \times 5 = -187.5 \text{ kN} \cdot \text{m} (\text{上拉})$$

杆 CDE $M_2 = 125 - 50 \times 5 = -125 \text{ kN} \cdot \text{m} (\text{右拉})$

题 3-7 求截面 1-1 上的弯矩。已知各段杆长 $l=7\text{m}$, 杆 CD 长 $0.5l$, $P=70\text{kN}$ 。

解 1)反力 这是简支型刚架,求出的反力如图所示。

2)弯矩 由杆 CD 有

$$M_1 = 140 \times 3.5 - 10 \times 3.5 \times 3.5/2 = 428.75 \text{ kN} \cdot \text{m} (\text{下拉})$$

题 3-8 求题 3-8 图 a、b 中竖杆及横杆 C 端的弯矩。各杆长 l 。

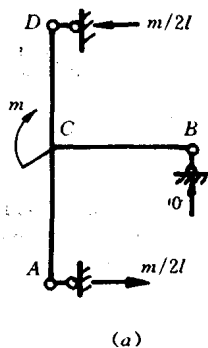
解 1)反力 简支刚架的反力如图 a、b 所示。

2)内力

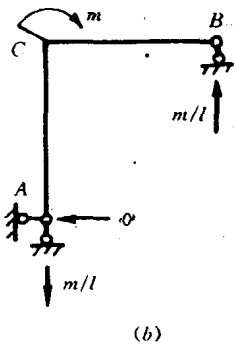
图 a $M_{CB}=0$, $M_{CA}=m/2l \times l=0.5m (\text{左拉})$

$$M_{CD}=-m/2l \times l=-0.5m (\text{右拉})$$

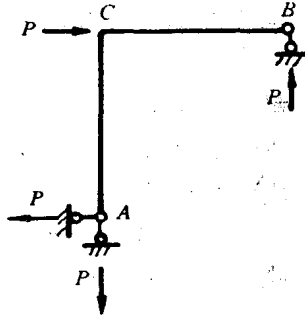
图 b $M_{CB}=m (\text{下拉})$, $M_{CA}=0$



题 3-8 图



题 3-9 图

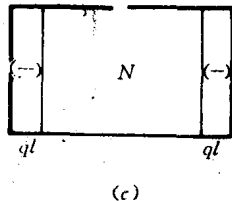
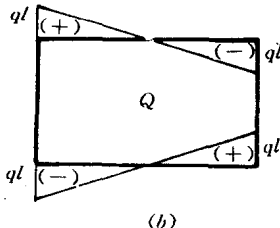
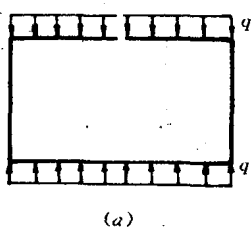


题 3-9 图

题 3-9 在题 3-9 图中,杆 CB 的轴力是否为压力? 试求出两杆中的轴力、剪力。各杆长 l 。

解 杆 CB 的轴力不是压力,不能凭直观感觉下结论。两杆中的轴力、剪力应由刚架的反力,用截面法确定,即

$$N_{CB}=0, \quad Q_{CB}=-P; \quad N_{CA}=P, \quad Q_{CA}=P$$



题 3-10 图

题 3-10 (“教”P. 33) 绘题 3-5 图所示体系的 Q 、 N 图。指出 M 、 Q 、 N 图中哪个图是对称的,哪个是反对称的?