



JIEGOU LIXUE
XUEXI ZHIDAO

“工业与民用建筑工程专业”专科（含高职、自考、成人、函授等）系列自学辅导教材

《结构力学》学习指导

汪梦甫 主编



华航Z0196580

U31
17

大学出版社

WUTP

武汉工业大学出版社

“工业与民用建筑工程专业”专科(含高职、
自考、成人、函授等)系列自学辅导教材

《结构力学》学习指导

汪梦甫 主 编
苏 炜 副主编

武汉工业大学出版社

· 武 汉 ·

图书在版编目(CIP)数据

《结构力学》学习指导/汪梦甫主编. —武汉:武汉工业大学出版社,2000.2
ISBN 7-5629-1572-5

I. 结…

Ⅱ. 汪…

Ⅲ. 结构力学-高等学校-辅导教材

Ⅳ. TU158

武汉工业大学出版社出版发行
(武汉市洪山区珞狮路122号 邮编:430070)

各地新华书店经销

武汉工业大学出版社印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:8.375 字数:215千字

2000年2月第1版 2000年2月第1次印刷

印数:1~5 000册 定价:9.50元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

**“工业与民用建筑工程专业”专科(含高职、
自考、成人、函授等)系列自学辅导教材
编 委 会 名 单**

主 任:赵明华 孙成林

副 主 任:关 罡 邓铁军 姜卫杰

编 委:(以姓氏笔划为序)

邓铁军 孙成林 田道全 关 罡 刘永健 李大望

刘永坚 苏 炜 汪梦甫 赵明华 姜卫杰 崔艳秋

童 桦 廖 莎 樊友景 蔡德明

秘 书 长:蔡德明

总责任编辑:田道全 刘永坚

前 言

根据高等学校工科专科“结构力学课程教学基本要求”,以编者讲授工科结构力学课程多年积累的教学经验为基础,我们编写了这本结构力学教学参考书,目的在于帮助、指导各类土建类专科(包括全日制专科、高职、自考、成人、函授等)学生更好更快地掌握结构力学,顺利地通过各种形式的结构力学考试。

作为一本结构力学教学参考书,在编写的过程中,我们突出了如下特点:① 根据高等专科学校土建类专业结构力学的教学要求,在对国内一些省市及部分专科学校近年来已进行的各类结构力学考试(自学考试、专升本入学考试、专科课程结业考试等)试题分析的基础上,对各章提出了更明确的学习要求;② 为了使学生能够较全面深入理解结构力学的主要内容和掌握各种方法的解题要点,重点叙述了各章的重点难点及各相关内容的内在联系;③ 为了帮助学生提高分析计算能力,给出了一些示范性和典型性的示例;④ 为了检查、巩固阶段学习效果,各章都有单元测试题;⑤ 书末附有三套综合测验试题,以便学生了解一般考试的题型、试题难度及在各章的分布情况,帮助学生作好考前复习准备。

参加本书编写的人员有湖南大学汪梦甫(第一、二、四、五、七、十、十一、十二章),中州大学苏炜(第七、八章),郑州工业大学樊友景(第三、六章)。本书由汪梦甫主编,苏炜担任副主编,全书最后由汪梦甫定稿。衷心感谢湖南大学结构力学教研室李家宝教授、王兰生教授,他们对本书编写提出了非常宝贵的意见。

由于编者水平所限,书中不足之处,望读者批评指正。

编者

1999年10月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、学习要求	(1)
二、若干问题的说明	(1)
1. 关于结构力学的研究对象	(1)
2. 关于结构力学的任务	(1)
3. 关于平面结构的支座	(2)
4. 关于结构的计算简图	(2)
5. 结构力学的学习方法	(3)
三、选取计算简图的示例	(3)
四、单元测试	(4)
第二章 平面体系的机动分析	(6)
一、学习要求	(6)
二、重点、难点分析	(6)
1. 重要概念	(6)
2. 关于几何不变体系的三个简单组成规则	(6)
3. 机动分析的解题方法	(7)
4. 三刚片体系中虚铰在无穷远处的情况	(7)
三、典型示例分析	(9)
四、单元测试	(10)
第三章 静定梁和静定平面刚架	(12)
一、学习要求	(12)
二、重点、难点分析	(12)
1. 截面内力计算	(12)
2. 内力图的形状特征	(13)
3. 静定刚架 M 图的正误判别	(14)
4. 弯矩图的叠加法	(16)
5. 主从结构的几何组成特点和受力特性	(17)
6. 斜梁的内力计算和内力特点	(17)
7. 绘制静定梁和静定平面刚架内力图的步骤	(17)
三、典型示例分析	(17)
四、单元测试	(22)
第四章 静定拱结构	(25)
一、学习要求	(25)

二、重点、难点分析	(25)
1. 三铰拱的几何组成及受力特点	(25)
2. 三铰平拱在竖向荷载作用下的计算	(25)
3. 三铰拱内力图的某些特点	(26)
4. 关于三铰拱的合理轴线	(26)
三、典型示例分析	(26)
四、单元测试	(28)
第五章 静定平面桁架	(29)
一、学习要求	(29)
二、重点、难点分析	(29)
1. 桁架的受力特点及分类	(29)
2. 求桁架内力的基本公式和基本方法	(29)
3. 简化计算的措施	(29)
4. 满跨均布结点荷载作用下几种简支桁架的受力特性	(30)
5. 满跨均布结点荷载作用下几种悬臂桁架的受力特性	(30)
6. 关于组合结构	(30)
三、典型示例分析	(30)
四、单元测试	(34)
第六章 静定结构的位移计算	(36)
一、学习要求	(36)
二、重点、难点分析	(36)
1. 基本概念	(36)
2. 虚功原理	(36)
3. 位移计算方法——单位荷载法	(38)
4. 图乘法	(39)
5. 静定结构的弯曲变形图	(40)
6. 互等定理	(41)
三、典型示例分析	(42)
四、单元测试	(43)
第七章 力法	(45)
一、学习要求	(45)
二、重点、难点分析	(45)
1. 超静定结构的两个特征	(45)
2. 力法典型方程	(45)
3. 力法基本结构的合理选择	(47)
4. 超静定结构的位移计算	(50)
5. 超静定结构的弯曲变形图	(52)
6. 关于最后内力图的校核	(52)
三、典型示例分析	(53)

四、单元测试	(57)
第八章 位移法	(60)
一、学习要求	(60)
二、重点、难点分析	(60)
1. 位移法的解题思路	(60)
2. 位移法的基本结构与基本未知量	(61)
3. 位移法典型方程的物理意义	(63)
4. 位移法与力法的比较	(65)
三、典型示例分析	(65)
四、单元测试	(68)
第九章 力矩分配法	(70)
一、学习要求	(70)
二、重点、难点分析	(70)
1. 力矩分配法的基本概念	(70)
2. 力矩分配法的基本原理	(70)
3. 用力矩分配法计算连续梁和无结点线位移的刚架	(71)
三、典型示例分析	(73)
四、单元测试	(75)
第十章 影响线及其应用	(77)
一、学习要求	(77)
二、重点、难点分析	(77)
1. 影响线的概念	(77)
2. 绘制静定结构影响线的方法	(77)
3. 关于最不利荷载位置的确定	(78)
4. 关于简支梁的绝对最大弯矩	(78)
5. 连续梁的影响线	(79)
6. 连续梁的内力包络图	(79)
三、典型示例分析	(80)
四、单元测试	(83)
第十一章 矩阵位移法	(84)
一、学习要求	(84)
二、重点、难点分析	(84)
1. 矩阵位移法的基本原理和基本思路	(84)
2. 单元刚度矩阵	(84)
3. 关于先处理法	(87)
4. 后处理法分析结构的步骤	(88)
5. 计算结果的处理	(88)
三、典型示例分析	(89)
四、单元测试	(92)

第十二章 结构的动力计算	(94)
一、学习要求	(94)
二、重点、难点分析	(94)
1. 动力计算的特点	(94)
2. 建立运动方程的方法	(95)
3. 单自由度体系的自由振动	(96)
4. 单自由度体系的受迫振动	(97)
5. 多自由度体系的自由振动	(98)
6. 多自由度体系在简谐干扰力作用下的受迫振动	(99)
三、典型示例分析	(100)
四、单元测试	(104)
附录 I 综合测验(三套试卷)	(106)
附录 II 单元测试答案	(118)
附录 III 综合测验答案	(121)

第一章 绪 论

一、学习要求

- (1) 了解结构力学的研究对象和任务。
- (2) 掌握结构计算简图概念及确定计算简图的原则。

二、若干问题的说明

1. 关于结构力学的研究对象

结构力学的研究对象是工程结构。学习时,应注意掌握下面几点:

(1) 工程结构是用建筑材料建造的并用来承受荷载等外部作用的体系,要求工程结构的各个部分(对于杆系结构,即各个杆件)之间以及它们与基础或支承物体之间必须牢固地联成一个整体,不致发生相对运动。

(2) 结构的形式是多种多样的。它可以是一个单一的整体(例如挡土墙和整体式基础),也可以是由多个构件组装而成的体系(例如屋架,以及整个房屋的骨架)。

一个结构物又往往可划分为几个不同的结构部分来进行计算。例如,一个工业厂房,作为整体它是一个结构,为计算方便通常又把它分为地上结构和基础两大部分。其中地上结构部分又可取出其屋盖中的屋架作为一个结构来进行分析;屋架上面的屋面板也可看作是一个简单结构,等等。在结构计算中,一根梁或一块板是最简单而常见的结构。

(3) 工程结构依照几何观点分为杆系结构、薄壁结构和实体结构三种。在上述三种结构中,通常只有杆系结构才是结构力学研究的对象;而薄壁结构和实体结构则是弹性力学研究的对象。所以,通常所说的结构力学是对杆系结构进行力学分析的一门学科。

2. 关于结构力学的任务

结构力学的任务是研究结构的组成规律和合理形式以及结构在外因作用下的强度、刚度和稳定性的计算原理与计算方法。

研究结构的组成规律是要明确组成结构的必要与充分条件,研究结构的合理形式是为了充分发挥材料的力学性能。

研究结构的强度、刚度和稳定性的计算,是为了保证设计的结构物既安全可靠又经济合理,它们是力学分析的基本内容。进行这三方面计算的目如下:

(1) 强度计算:主要是计算结构的内力,为结构的强度设计提供可靠的依据,以保证所设计的结构物既安全又不浪费材料。

(2) 刚度计算:主要是计算结构的变形和位移,为结构的刚度校核提供依据。其目的是保证结构物在使用过程中不致产生过大的变形,使其控制在允许范围之内。

(3) 稳定性计算:主要是计算结构丧失稳定时的最小临界荷载或荷载的临界参数,使设计的结构物所承受的最大荷载小于该临界荷载值。其目的是保证结构物能处于稳定平衡的受力状态而正常工作。

在以上三个方面的计算中,不仅强度计算要求出结构的内力,而且刚度和稳定性的计算也

都要涉及内力计算。因此,研究各种结构在外因作用下的内力计算便成为本课程要讨论的基本问题。

3. 关于平面结构的支座

结构与基础或其他支承物体之间用以固定位置的联结装置称为支座。常见的平面结构的支座有四种型式,各种支座均可用一定数目和联接方式的支承链杆来表示。它们各自的简图及支座反力如图 1-1 所示。这里须注意两点:

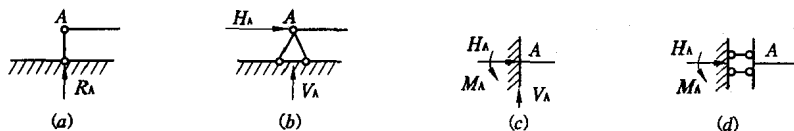


图 1-1

(1) 支座的三个特点。从几何观点来看,支座能使结构在该处的相应位移受到约束;从受力特点来看,支座在位移被约束的方向将产生约束反力;从结构的整体受力性能来看,支座与整体结构的受力和变形密切相关。例如,图 1-1a 所示活动铰支座(又称为可动铰支座),它是在 A 点沿竖直方向设置了一根支承链杆,这样就使上面的杆件在 A 处的竖向位移受到约束(即它不可能有竖向位移而只可能有水平位移和角位移),相应地这种支座只能沿竖直方向产生约束反力 R_A 而无其他方向的约束反力。又如图 1-1b 所示的固定铰支座,它由交于 A 点的两根倾斜的支承链杆构成,这种支座使上面的杆件在 A 处既不能沿水平方向也不能沿竖直方向发生移动(但杆件可绕 A 点发生转动),故它可在水平和竖直两个方向产生约束反力。对于图 1-1c 所示的固定支座,由于它不允许杆件在 A 处发生任何移动和转动。它的反力大小、方向、作用点都是未知的。因此,其约束反力可以用水平和竖向分力及反力矩来表示。

(2) 支座的约束反力与支座的位移约束是一一对应的。也就是说,支座对某一方向的位移能起约束作用,则支座沿该方向就能产生约束反力;反之,若支座不能约束某一方向的位移,则它就不能在该方向产生约束反力。例如,图 1-1a 所示的支座 A 即无水平方向的约束反力和支座反力矩。

4. 关于结构的计算简图

从力学观点对建筑工程结构进行抽象化而得到的图形称为计算简图。这是对工程结构进行力学分析时必不可少的步骤。确定计算简图时,原则上应尽可能正确地反映实际情况,使分析计算结果尽量可靠精确。由于实际工程结构较为复杂,如果将所有的因素都予以考虑,则使计算十分复杂,甚至无法进行。因此,在确定计算简图时,必须忽略某些次要因素,以便进行计算和分析。

计算简图的选取受下列因素的影响:

- (1) 重要的工程结构。重要的结构应选取比较精确的计算简图。
- (2) 设计的不同阶段。在初步设计阶段可采用比较粗糙的计算简图。
- (3) 所计算问题的性质。如作动力计算和稳定计算时,可使用相对简单的计算简图。
- (4) 计算工具。简单的计算工具不可能完成过于复杂的结构计算。

为了保证实际工程结构的受力情况,设计时还应采取适当的构造措施,使所设计的结构体现出计算简图中的要求。

平面杆件结构在工程中极为常见,确定这一类结构的计算简图时,通常包括下列几项简化

工作:

(1) 结构体系的简化。绝大多数实际结构都是空间体系,在许多情况下都可把它们化为平面体系进行计算。

(2) 结构内部的简化。结构各杆件以其轴线代替;各杆件之间的联接,以结点来表示。根据各杆件之间的实际联接情况,可分别将它们简化为铰结点、刚结点和组合结点三种。如图 1-2 所示。

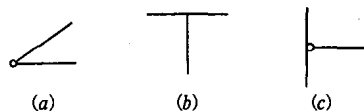


图 1-2

(3) 支座的简化。根据结构的杆件与基础的联接情况,通常把它们化为图 1-1 所述的几种支座。

(4) 荷载的简化。把实际上分布于整个构件内部的体荷载(如自重)和分布于构件表面某一局部面积的面荷载分别化为线荷载(沿杆轴方向的分布荷载)和集中荷载或集中力偶。

5. 结构力学的学习方法

结构力学是一门技术基础课,它既有较强的理论性,又有很强的实践性。在学习结构力学课程时,必须贯彻理论与实践相结合的原则。应着重注意如下两点:

(1) 要注意书本理论知识与实际工程结构知识的结合。要注意观察实际结构,了解它们的性能和使用情况,并考虑怎样用我们所学的结构力学知识来分析解决问题,以便逐步培养自己的分析问题和解决问题的能力。

(2) 要重视基本理论学习与基本技能(如解题运算能力)训练的结合。教材各章节的写法大都是先介绍有关问题的基本概念和计算原理、计算方法,这是解决问题的基本理论,在此基础上再辅以例题作进一步的说明。本书每章的前两项(学习要求、重点难点分析)对教材所述的有关基本概念和计算原理作了解释和归纳,主要目的是帮助读者加深理解这些基本理论和基本知识。本书每章的后两项(典型示例分析、单元测试)包括对结构力学中一些经典例题的分析及目前结构力学标准化考试中的一些常见题型,主要目的是帮助读者巩固所学的知识,提高解题能力与应试能力。在结构力学的学习中,学习基本理论和做习题两者都应重视,缺一不可。只有打好了理论基础,建立了明确的力学概念和解题思路,才可能顺利、正确地完成作业;反过来,只有通过一定数量习题的基本训练,才能进一步巩固所学的概念,加深对基本理论的理解。

三、选取计算简图的示例

图 1-3a 所示由板、梁、柱组成的结构体系,称为肋形梁板结构,常用作房屋结构的屋盖和楼盖,以及水池的顶盖。这种结构如果采用混凝土现场浇注而成,则板、梁、柱形成一个整体。分析时考虑到在一般情况下,板的刚度比次梁小,次梁的刚度又比主梁小,因此,可将板看作次梁的附属部分,又把板和次梁看作主梁的附属部分。于是,整个体系就可分解为板、次梁和主梁几类构件,然后分开进行计算。现分述如下:

(1) 板。根据图 1-3b 的结构布置可知,板可按单向板计算,板上的荷载主要沿短跨方向传给次梁。因次梁是板的基本部分,故可将次梁当作板的刚性支承,再忽略次梁较小的抗扭刚度后,则可将这种支承简化为链杆支座。据此,板的计算简图可取为以次梁为支承的连续梁(图 1-3c),此梁即为单位宽度的板带,它承受此单位宽度内板上的荷载,通常按均布荷载考虑。

(2) 次梁。分析次梁时,将板看作次梁的附属部分,它只起传递荷载的作用,不起约束作

用。又因主梁是次梁的基本部分,故可将它看作次梁的刚性支承,忽略主梁的抗扭刚度后,次梁的计算简图可取为以主梁为支承的连续梁(图 1-3d)。它所承受的荷载包括板传来的荷载和次梁的自重,按均布荷载考虑。

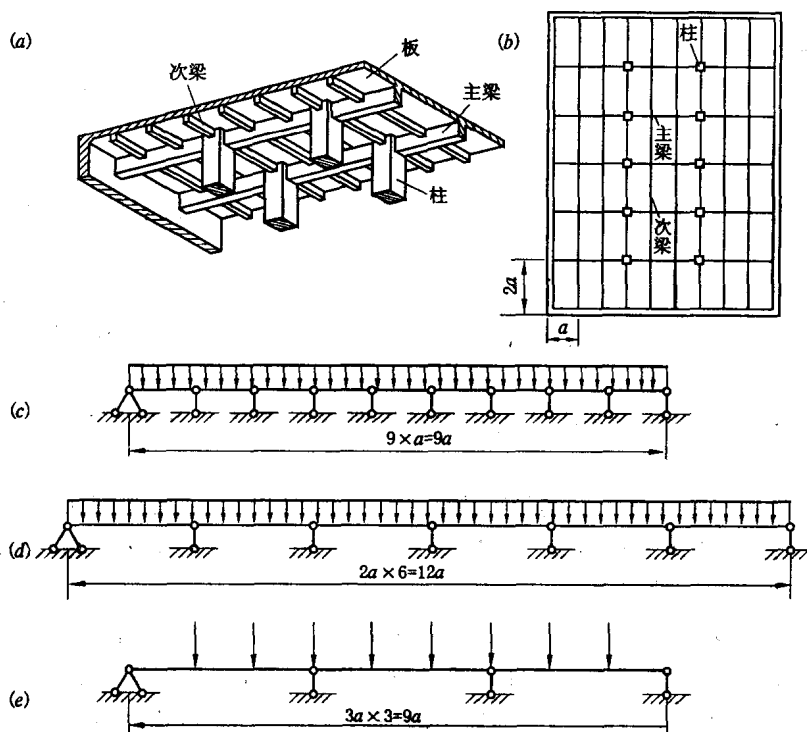


图 1-3

(3) 主梁。分析主梁时,板和次梁都是它的附属部分,只起传递荷载的作用。主梁所受荷载主要是由次梁传来的集中力,主梁的自重则近似地化为在次梁位置的集中力。因主梁与柱的混凝土为整体浇注,故其内力按刚架计算较为合理。但是如果柱的抗弯刚度比主梁的抗弯刚度小很多时,则可把柱看作主梁的铰支座,主梁可按连续梁计算(图 1-3e)。

以上是肋形梁板结构通常采用的简化分析方法。实际计算表明,只要主梁的线刚度(i_1)与次梁的线刚度(i_2)的比值大于 8,则计算精度已能满足设计要求。

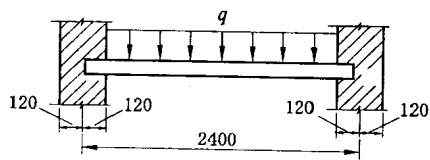
四、单元测试

1-1 某大楼中搁置在砖墙上的走廊板如图所示,其计算简图为()。

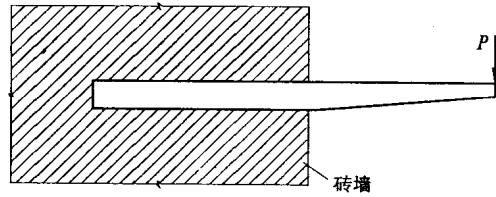
- A. 简支板
- B. 两端固定板
- C. 一端固定一端铰支板
- D. 伸臂板

1-2 图示钢筋混凝土挑梁的计算简图为()。

- A. 悬臂梁
- B. 伸臂梁
- C. 弹性地基梁
- D. 不确定

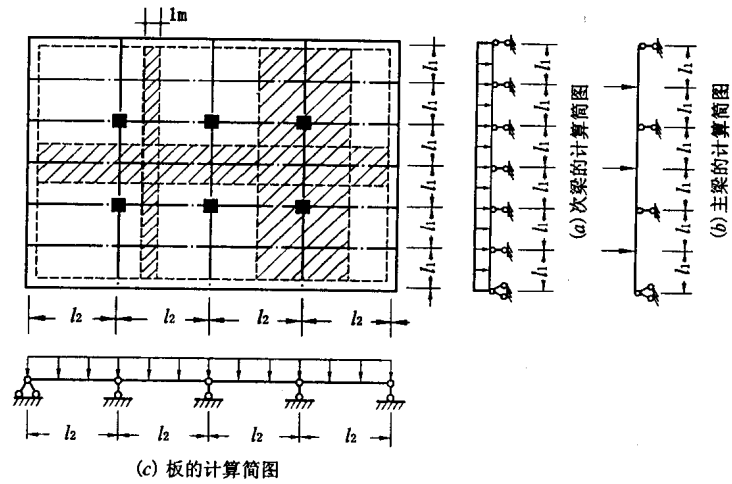


题 1-1 图



题 1-2 图

1-3 图示单向板肋梁楼盖,哪个计算简图是正确的? ()



题 1-3 图

第二章 平面体系的机动分析

一、学习要求

- (1) 理解几何不变体系、可变体系、瞬变体系等概念。
- (2) 掌握无多余联系的几何不变体系的三个简单组成规则。
- (3) 熟练运用三个简单的几何组成规则,分析一般平面体系的几何组成,正确判断超静定结构的多余联系及数目。

二、重点、难点分析

1. 重要概念

(1) 平面刚片

对平面体系作机动分析,其目的在于考察体系中各杆件之间的相互联结能否组成几何不变体系,即研究体系的联结方式能否保证各杆件之间及它们与支承之间不发生相对运动。关于杆件本身的变形(材料的应变)所引起的体系几何形状的改变,不属于机动分析所讨论的范围。因此,对平面体系进行机动分析时,可把其中的每一杆件(梁、链杆等)看作不变形的平面刚体,简称为刚片,并且,进一步也可以把体系中已经肯定为几何不变的某个部分看作一个刚片,如地基可视为一个刚片。

(2) 几何不变体系、瞬变体系、可变体系

平面体系可分为几何不变体系、瞬变体系、可变体系三大类。其中,几何不变体系是由刚片联结成的几何形状和位置都不变的体系;瞬变体系是能发生微小刚体位移并产生很大内力的体系;可变体系(或常变体系)是可以发生非微量刚体位移的体系。只有几何不变体系,才能作为工程结构。

(3) 自由度、约束、多余约束

确定体系在平面内的位置所需要的独立坐标数目,称为自由度。几何不变体系的自由度为零。凡是自由度大于零的体系肯定是可变体系。

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。

多余约束是指对体系的实际自由度没有影响的约束。从体系的几何组成上看,多余约束并不影响体系的几何不变性。必要约束是保证体系为几何不变的约束。在工程结构中,多余约束是常见的,它使工程结构的受力更加合理。

2. 关于几何不变体系的三个简单组成规则

(1) 三个简单组成规则

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:三个刚片以三个铰两两相联,三铰不在一直线上。

② 两刚片规则:两个刚片以一铰及一根不通过铰中心的链杆相联,或两个刚片以三根不

全平行也不完全交于一点的链杆相联。

③ 二元体规则:刚片上加二元体(或“两杆结点”)组成新刚片。

(2) 三个简单组成规则间的内在联系

图 2-1 很清楚地描述了几个组成规则的内在联系。由此可知,三个规则是可以相互沟通的。

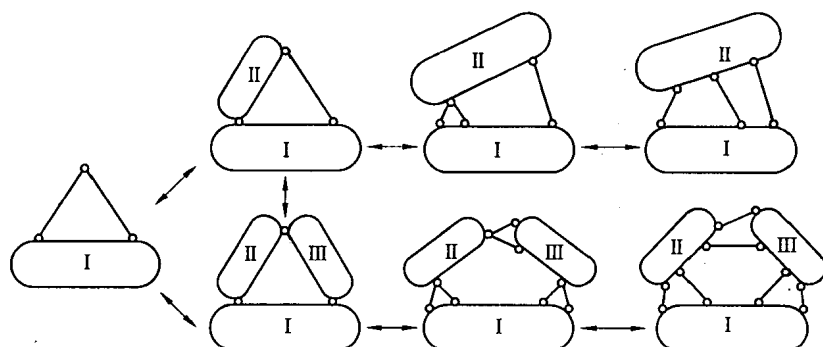


图 2-1

对于同一体系,按三个规则分析所得的结论必定是相同的。因此,可根据分析的方便灵活运用这三个规则中的任一个进行分析。

3. 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) 等效链杆。只有两个铰与外界联结的刚片,可看成一根链杆;有 n 个铰与外界联结的刚片,可看成 $(n-1)$ 根链杆。进行必要的等效代换,可使分析过程更加清楚。

(5) 为了便于分析,链杆、直杆、曲杆、折杆均可视为刚片。

4. 三刚片体系中虚铰在无穷远处的情况

联结相同两刚片的两链杆平行时,其虚铰在无穷远处。分析平面体系时,常遇到虚铰在无穷远处的情况,读者对此往往感到难以掌握,现说明如下。

(1) 一个铰在无穷远处

图 2-2 中,链杆 1、2 相互平行,其虚铰 C 在无穷远处。将刚片 III 视为链杆 AB ,则体系相当于两刚片由三根链杆联结,根据两刚片组成规则可得出如下规律:

① 若 AB 与链杆 1、2 不平行,则体系为没有多余约束的几何不变体系。

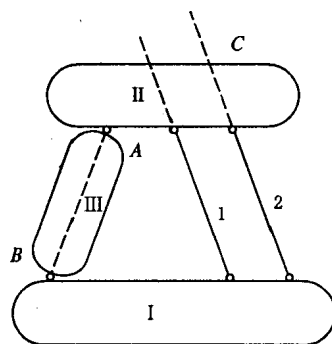


图 2-2

- ② 若 AB 与链杆 1、2 平行但不等长, 则体系为瞬变体系。
- ③ 若 AB 与链杆 1、2 平行且等长, 则体系为几何可变体系。

(2) 两个虚铰在无穷远处

图 2-3a 中, 链杆 1、2 平行, 链杆 3、4 平行, 其虚铰分别为 B 、 C , 在无穷远处。

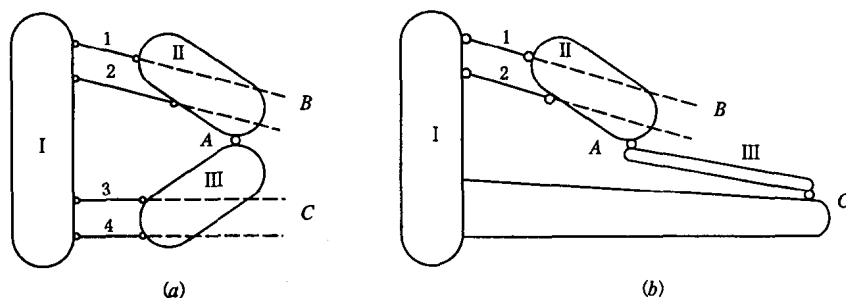


图 2-3

将刚片 I 扩大至虚铰 C 处, 刚片 I、II 由铰 C 联结; 刚片 III 视为等效链杆 AC , 这时, 体系转化为两刚片 (I、II) 由三链杆联结的体系, 如图 2-3b 所示。因虚铰 C 在无穷远处, 故可认为链杆 AC 与链杆 3、4 平行。根据两刚片组成规则, 由链杆 AC 与链杆 1、2 的关系可得出如下规律:

- ① 若链杆 1、2 与链杆 3、4 不平行, 则体系为无多余约束的几何不变体系。
- ② 若链杆 1、2 与链杆 3、4 平行但不等长, 则体系为瞬变体系。
- ③ 若链杆 1、2 与链杆 3、4 平行且等长, 则体系为几何可变体系。

(3) 三个虚铰在无穷远处

图 2-4a 所示三刚片 I、II、III 用三对平行链杆相联, 即三刚片用三个无穷远处的虚铰相联, 如图 2-4b 所示。由二刚片规则可知, 刚片 ABC 与刚片 abc 用链杆 Aa 、 Bb 、 Cc 相联, 该三根链杆相交于一点, 故图 2-4a 所示体系是瞬变体系。

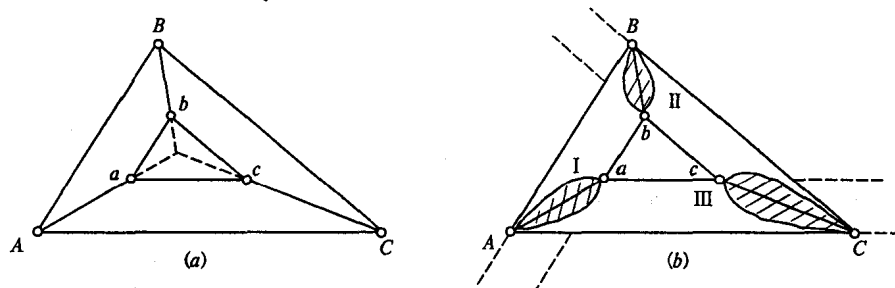


图 2-4

一般来说, 三个刚片用三个无穷远处的虚铰相联的平面体系是瞬变体系。在特殊情况下, 若三对平行链杆是各自等长的, 则体系是几何可变的。