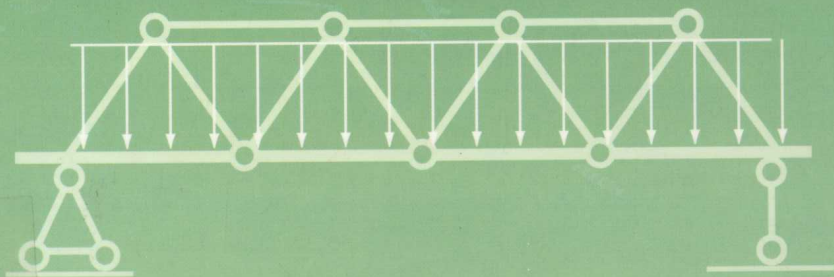


高等职业教育教材

结构力学

吴章禄
刘长庆 编
杨志民



西南交通大学出版社

高等职业教育教材

结构力学

吴章禄 刘长庆 杨志民 编

0342
W8

西南交通大学出版社

· 成都 ·

内 容 提 要

本书主要内容有：平面体系的几何组成；静定结构内力、位移的计算；超静定结构计算，其中包括力法、位移法、力矩分配法；影响线的概念及作法；矩阵位移法等。并配有全套结构力学练习册。

本书可以作为中等专业学校土建类各专业的结构力学教材，亦可供土建类工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

结构力学 / 吴章禄, 刘长庆, 杨志民编. — 成都:
西南交通大学出版社, 2003.1
高等职业教育教材
ISBN 7-81057-656-9

I. 结... II. ①吴... ②刘... ③杨... III. 结构力学 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. O342

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 004154 号

结 构 力 学

吴章禄 刘长庆 杨志民 编

*

责任编辑 李彤梅

封面设计 肖 勤

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行科电话: 87600564)

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 850 mm × 1168 mm 1/32 印张: 10.6875 (练习题册另 7.00)

字数: 268 千字 印数: 1—3000 册

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-656-9/O · 046

定价: 22.00 元 (含练习题册 10.00 元)

出版前言

随着我国高等专科教育、高等职业教育、成人高等教育的迅猛发展，为配合培养高等技术应用型专门人才，本着以“应用”为主旨及特征构建课程和教学内容体系之目的，我们对土建类、机械类专业四门力学课程（静力学、结构力学、材料力学、工程力学）教材修订版进行重新组合编辑出版。

本套教材立足铁路、面向全国，有关编审人员注意吸收大多数授课教师历年积累的教学试验，改正了原版本尚存的错漏。

本套教材力求在传授知识的同时注重基本力学原理与创新能力的培养，在阐述本学科知识的同时注意与相关学科的贯通、渗透和融合，重组课程体系，妥善处理本学科基本原理与现代科技成果的关系。

书中的例题及练习题、思考题内容丰富，概念清晰，解题严谨、难易适中，突出原理与工程实践的融会贯通。

随着教学改革的不深入，恳请读者对书中存在的问题和不足之处提出批评指正。

2003年1月

修订版前言

本书修订是在衡阳铁路工程学校吴章禄主编的《结构力学》基础上进行的。修订是受铁路中专力学课程组的委托,由三门力学教材有关编审人员收集各校使用教材的意见和要求,同时参照铁路土建类专业教学改革的具体情况,并结合力学课程教学的基本要求进行的。

此次修订只对教材部分章节的内容和插图作了小范围的修改和订正。考虑到计算机在土建类专业中的实际应用,保留了第八章矩阵位移法的全部内容。对衡阳铁路工程学校朱耀准编写的本书的练习册有较大的改动,改动是在原练习册的基础上,参照各校结构力学的授课计划和力学教学大纲,综合起来重新编写的。练习册的静定部分由成都铁路工程学校高德蓉承担,超静定部分由包头铁路工程学校郭英斗编写。全书由包头铁路工程学校刘长庆担任编审,郭英斗协助。

由于编者水平有限,且随着教学改革的不深入,恳请读者对书中存在的问题和不足之处多加批评指正。

编 者

一九九六年一月

前 言

本书是根据铁路中专力学课程组制订、部教育司批准的《铁路中专力学实施性教学大纲》和部教育司对西南交通大学出版社(91)西交出字第 013 号文的批文而编写的。适用于铁道工程、桥梁与隧道、工业与民用建筑、给水排水工程……等土建类各专业。

本书立足铁路,面向全国,吸取了多年教学改革和教材建设的经验。全书既注意了教材内容的专业性和实践性,也考虑了力学本身的完整性和系统性,因而具有通用性。并且在“少而精”的原则下,注意到理论和实践的统一。本书在深入浅出处理教学内容方面有一些新的尝试。

本书配有与全书内容相适应的整套练习册,让学生能在有限的教学时间内,得到比较充分的基本训练,以利于分析问题和动手能力的培养。

本书内容适用于 90~100 学时的教学要求。对于不同学时和专业的需要,本书的内容可酌情取舍。

本书由衡阳铁路工程学校吴章禄(绪论、第五、六、八章)、包头铁路工程学校刘长庆(第一、三、四章)、衡阳铁路工程学校杨志民(第二、七章)编写。本书的练习册由衡阳铁路工程学校朱耀准编写,吴章禄主编,刘长庆主审。武汉铁路桥梁学校吴忠诚协审第五、六、七、八章,成都铁路工程学校高德蓉协审绪论、第一、二、三章和练习册,并做出练习册的答案。石家庄铁道学院中专部王璧莹协审,合肥铁路工程学校许有玲为练习册编写提供了部分素材。

编 者

1992 年 5 月

目 录

绪 论	1
§ 0-1 结构力学的研究对象和任务	1
§ 0-2 结构的计算简图	2
§ 0-3 结构和荷载的分类	7
第一章 平面体系的几何组成	10
§ 1-1 几何构造分析的目的	10
§ 1-2 平面体系的自由度	11
§ 1-3 几何不变体系的简单组成规则	17
§ 1-4 瞬变体系	20
§ 1-5 静定与超静定结构	25
§ 1-6 几何组成分析举例	26
第二章 静定结构的内力	31
§ 2-1 多跨静定梁	35
§ 2-2 静定平面刚架	37
§ 2-3 静定平面桁架	52
§ 2-4 三铰拱	67
第三章 静定结构的位移	80
§ 3-1 概 述	80
§ 3-2 变形体的实功	82
§ 3-3 虚功与虚功原理	88
§ 3-4 结构位移计算的一般公式	92

§ 3-5 图乘法	103
§ 3-6 结构由于其它因素引起的位移	114
§ 3-7 互等定理	118
第四章 力 法	124
§ 4-1 超静定结构概述	124
§ 4-2 力法原理	127
§ 4-3 力法典型方程	136
§ 4-4 力法应用举例	139
§ 4-5 结构对称性的利用	152
§ 4-6 单跨超静定梁的计算	163
§ 4-7 用积分法计算超静定拱	173
§ 4-8 用总和法计算超静定拱	184
第五章 位移法	190
§ 5-1 等截面直杆的转角位移方程	190
§ 5-2 位移法的基本概念	197
§ 5-3 位移法的基本未知量	201
§ 5-4 用位移法解超静定结构	205
§ 5-5 对称性的利用	216
第六章 力矩分配法	223
§ 6-1 力矩分配法的基本要素	223
§ 6-2 力矩分配法的基本原理	227
§ 6-3 用力矩分配法计算无侧移结构	233
第七章 影响线	242
§ 7-1 移动荷载和影响线的概念	242
§ 7-2 用静力法作单跨静定梁影响线	243
§ 7-3 间接荷载作用下主梁的影响线	251
§ 7-4 简单桁架的影响线	254

§ 7-5	利用影响线求量值	257
§ 7-6	荷载最不利位置的确定	262
§ 7-7	标准荷载与换算荷载	273
§ 7-8	简支梁的绝对最大弯矩和内力包络图	282
§ 7-9	用机动法作连续梁影响线简介	289
§ 7-10	连续梁的内力包络图	294
第八章*	矩阵位移法	300
§ 8-1	位移法的补充	300
§ 8-2	单元刚度矩阵	304
§ 8-3	矩阵位移法的基本方程	306
§ 8-4	边界条件的利用	310
§ 8-5	用矩阵位移法计算连续梁	315
§ 8-6	用矩阵位移法解无斜杆刚架	323
参考文献		332

* 表示可根据不同专业和学时,选学、选讲。

绪 论

§ 0-1 结构力学的研究对象和任务

工程中的各类构筑物,如房屋、桥梁、水塔、挡土墙、车辆机架等等,都要承受一些荷载的作用,如人群、设备、车辆、水压力、土压力、货物荷载等等。凡在构筑物中,起着承担荷载的骨架作用的部分,都称为**结构**。如图 0-1 所示为房屋骨架图,最上层的荷载由屋面板承担,屋面板再依次传递荷载给横梁、柱子、基础,这个骨架也就是此房屋的结构。

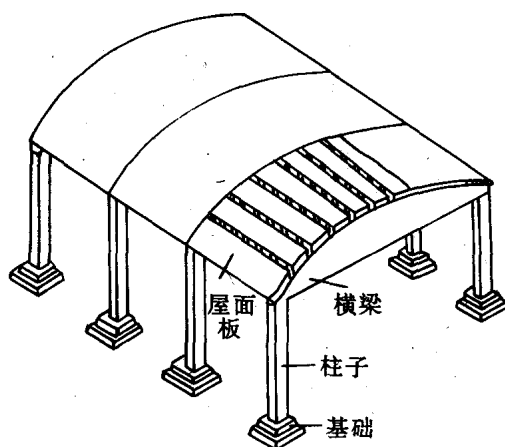


图 0-1

结构的类型有多种,通常可以从几何观点分为三种类型,即杆系结构、薄壁结构和实体结构。杆件的特点是,它的长度远大于另两个方向的尺寸,如矩形截面杆的长,远大于截面的宽和高。由杆件组成的结构称为**杆系结构**;如果,杆系及其上的荷载都处于同一个平面内,就称为**平面杆系结构**。本书的研究对象限于平面杆系结构。**薄壁结构**是指,它的厚度远小于另两个方向尺寸的结构,如水池、水塔等都可选取薄壁结构形式。结构的三个方向的尺寸为同一量级时,称为**实体结构**,如挡土墙结构。

研究杆系结构的任务包括讨论结构的合理组成,以保证结构内部不致产生相对运动,使结构能维持外因作用下的平衡;研究结构在外因作用下的内力和变形,以便后续课对结构进行强度和刚度计算,来保证结构既安全实用又经济地工作。结构稳定问题在传统上的中专教材中都被略去,但它对结构的安全也非常重要。因此,概括结构力学的主要任务,也可以说包括研究结构的强度、刚度和稳定性。

§ 0-2 结构的计算简图

实际构筑物的结构一般都比较复杂,完全按照实际结构进行分析计算,往往是不可能的。因此,必须抓住它的主要特征,略去次要的因素,采用经过简化的图形来代替它。这种能够代表实际结构的简化图形,就称为此**实际结构的计算简图**。结构力学就是按照结构的计算简图进行分析计算的。

选择结构的计算简图,应该保证此简图既能够正确地反映实际结构的变形情况和受力特点,又能使结构的计算得到简化。

一、结构的结点

两根实际结构的杆件,有两种连接形式,如图 0-2(a)和 0-3(a)所示。在图 0-2(a)中的不同杆件之间,用钢筋联成整体,再

由混凝土浇注定位,可以称为刚结,刚结的计算简图如图 0-2(b) 所示。而在图 0-3(a) 中的杆件之间,虽然仍用混凝土浇注固定了钢筋,但所用钢筋汇交抵抗弯矩的能力薄弱,所以,可以近似地视为理想铰结,计算简图取如图 0-3(b) 所示。

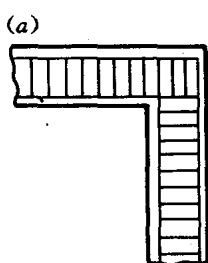


图 0-2

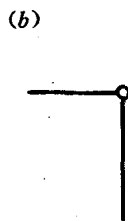
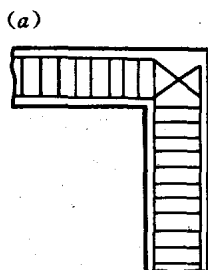


图 0-3

在结构的计算简图中,凡多根杆件联结的地方统称为**结点**。结点可以分为铰结、刚结和组合结点三种,如图 0-4 所示。

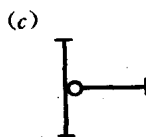
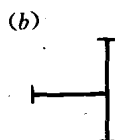
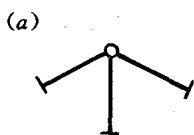


图 0-4

图中有:

1. **铰结点** 凡被联结的各杆件,都可以绕着铰心自由转动,如图(a)所示的为完全铰。

2. **刚结点** 如各杆件都不能绕着它的结点作杆件之间的相对转动,也就是各杆件之间的夹角保持不变,如图(b)所示称为刚结点。

3. **组合结点** 此种结点处,有的杆件之间用刚结,而有的又

用铰结,如图(c)所示。此种结点,为不完全铰结,也不完全为刚结。

以上任何一种结点,杆件之间在内力和变形方面,都有各自的特点,宜注意理解和明确的区分。

二、结构的支座

结构与地基(或其它结构)相联系的装置称为**支座**。依据实际结构支座的约束特点,在理论力学和材料力学中都绘出了简图。这些简图,也就是结构力学的支座计算简图,如图0-5所示。

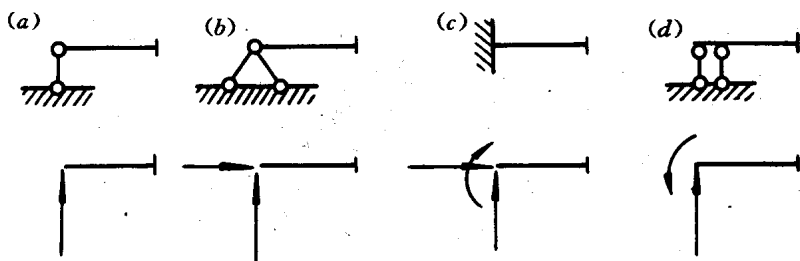


图 0-5

1. **活动铰支座** 这种支座的计算简图用一根链杆表示,它只能阻止结构沿支承链杆方向移动,如图(a)所示,反力的方向沿链杆轴向,大小未知。

2. **固定铰支座** 计算简图如图(b),用两根相交的链杆表示。这种支座只允许结构绕铰中心转动,但不可以作任何方向移动,反力可任取两个相互垂直的分反力,两分反力的大小未知。

3. **固定端支座** 计算简图如图(c)所示,它表示结构被此种支座所固定,即不允许结构对支座作任何移动和转动,反力有三个未知量,包括任意两个互相垂直的分反力和一个力偶。

4. **定向支座** 计算简图如图(d)所示,此支座只允许结构沿

链杆垂直方向移动。反力的未知量有两个,一个是沿链杆轴向的反力,另一个是抵抗转动的力偶矩。

要想由结构的实际支座求出合理的计算简图,仅仅依赖如上所述的理论力学和材料力学的介绍还远远不够,此后还必须坚持理论联系实际的原则,特别是钢筋混凝土支座以前几乎没有讨论过,如何合理地给定各种支座的计算简图,还应该不断地摸索。

三、杆系结构的简化

在杆系结构的计算简图中,同材料力学一样,杆件也都采用它的轴线来表示。对于荷载,也应考虑实际的施加情况,近似地用集中荷载或分布荷载来表示。

关于选取结构的计算简图。一般杆系结构都可以化为平面杆系结构,故可先将结构体系简化为平面体系,并将该平面结构所应承担的荷载求出,施加到此平面结构的受力处所。当然也有不少结构不能简化为平面结构,这种结构称为空间结构,本教材不讨论。再就是判明结构杆件之间的连接,并选择决定相适应的结点简图,将结构中的杆件(轴线)连接起来。最后审定支座,选取适当的支座计算简图。这样就得到了结构的计算简图。

例如图 0-6(a)所示,为由梁、柱和基础等组成的结构图。其中每一排间距为 l_1 的横向的梁、柱和基础,处在一个平面内,构成平面结构。屋面板将屋面荷载向下传,传递到这些横向的平面结构上。

图(a)所示的计算简图,可以分解为两个部分讨论。一是屋面板,它简支在横向平面结构之上,屋面板的计算简图如图(b),为简支梁,设屋面板的荷载为 p ,单位为 kN/m^2 。通常对板可取 1m 宽计算,于是屋面板的荷载 q_1 应为

$$q_1 = 1 \times p = p_1 \text{ kN/m}$$

另外一部分就是横向平面结构,也就是屋面板的支座,对中间

二排架,此支座反力为 $2Y$ (不计横梁自重), 横向结构的荷载 q_2 与 $2Y$ 两者互为反作用, 有:

$$q_2 = 2Y = 2\left(\frac{q_1 l_1}{2}\right) = q_1 l_1 = p_1 l_1 \text{ kN/m}$$

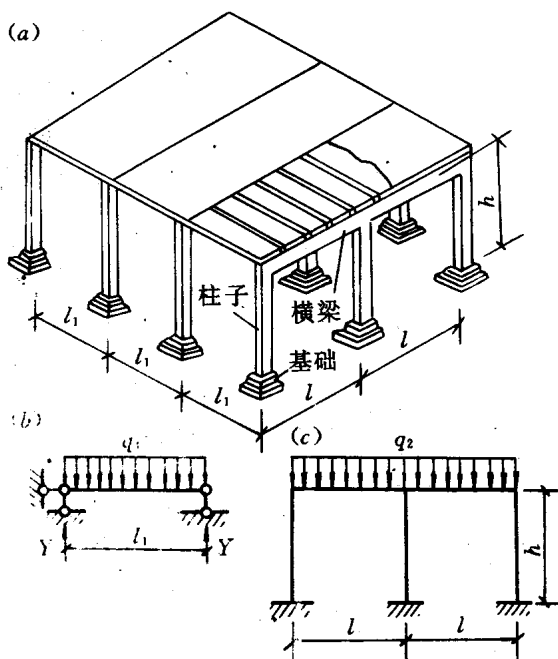


图 0-6

横向结构的杆件连接, 设取图 0-2 的形式, 钢筋混凝土结构一般多用此种刚结。对于支座, 要看柱子、基础和地基的实际情况而定, 如果柱子与基础连接为一体可抵抗弯矩, 而且地基又良好, 变形很小, 此时支座可视为固定端支座, 如图 (c) 所示。图 (b) 和图 (c) 就是图 (a) 所示结构的计算简图; 如以图 (c) 为主体, 也可说图 (c) 就是图 (a) 结构的计算简图。

此后, 结构力学, 将只对结构的计算简图进行分析和讨论。

§ 0-3 结构和荷载的分类

一、平面杆系结构分类

平面杆系结构是本书分析的对象,按照它的构造和力学特征,可分为五类:

1. **梁** 以受弯为主的直杆称为直梁。本书主要讨论直梁,较少涉及曲梁,更不考虑曲率对曲杆的影响。梁有静定梁和超静定梁两大类,如图 0-7(a)、(b)所示。

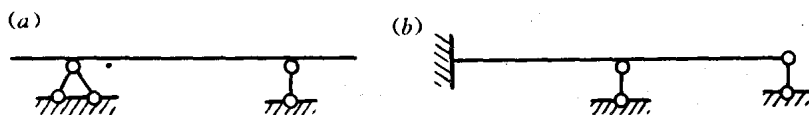


图 0-7

2. **拱** 拱多为曲线外形,它的力学特征在以后讨论拱时再说明。常用的拱有静定三铰拱和超静定的无铰拱、两铰拱三种,分别如图 0-8(a)、(b)、(c)所示。



图 0-8

3. **刚架** 刚架由梁和柱等杆件构成,杆件之间的连接多采用刚结。有静定刚架和超静定刚架两类,如图 0-9(a)、(b)所示。

4. **桁架** 桁架由端部都是铰结的直杆构成,理想桁架的荷载必须施加在结点上,如图 0-10(a)、(b)所示,有静定桁架和超静定桁架两种。

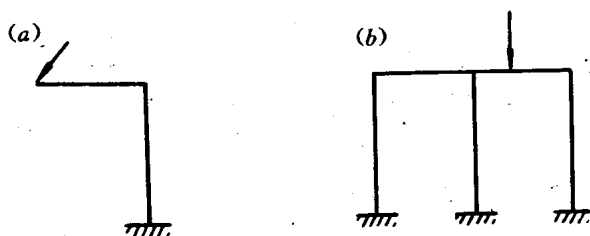


图 0-9

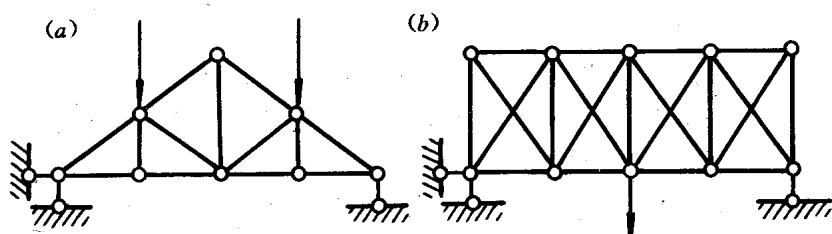


图 0-10

5. **组合结构** 它是桁架式直杆和梁式杆件两类杆件组合而构成的结构,如图 0-11 所示。图中,AB 杆具有多个结点,属梁式杆件,杆件 AD, CD…又为端部都为铰结的桁架式直杆,故图(a)和(b)均为组合结构。组合结构也有静定和超静定之分。

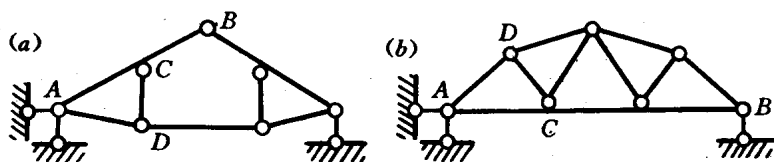


图 0-11