

普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会 审定

结构力学(上册)

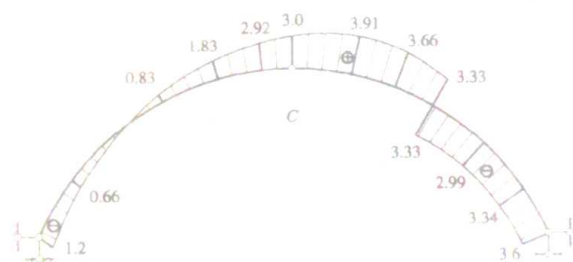
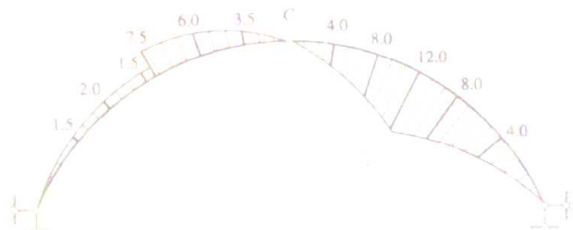
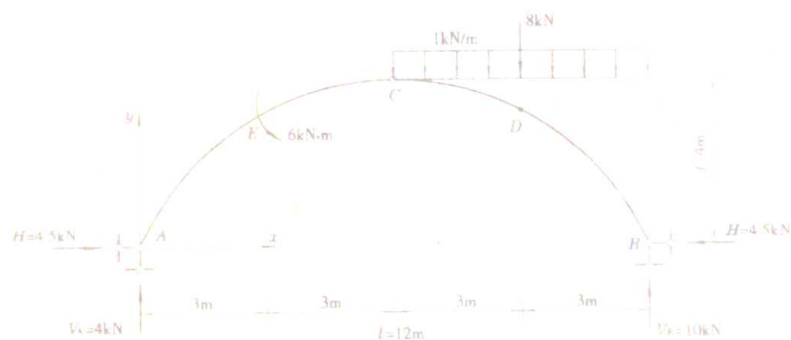
J

G

L

X

包世华 主编
包世华 辛克贵 燕柳斌 编



WUTP

武汉工业大学出版社

普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会 审定

结 构 力 学 (上册)

包世华 主 编

包世华 辛克贵 燕柳斌 编

武汉工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

结构力学(上册)/包世华主编. —武汉:武汉工业大学出版社,2000.8
ISBN 7-5629-1547-4

I. 结… II. 包… III. ①结构力学-高等学校-教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 11113 号

内 容 提 要

本书是根据教育部颁布实施的《普通高等学校本科专业目录》中规定的土木工程专业的培养目标和国家教委审定的《结构力学课程教学基本要求》(多学时)新编的《结构力学》教材。

全书共 17 章,分上、下两册出版。上册共 10 章,内容包括:绪论,结构的几何组成分析,静定梁,静定刚架,三铰拱和悬索,静定桁架和组合结构,静定结构总论,影响线,虚功原理和结构的位移计算,力法。下册共 7 章,内容包括:位移法,渐近法和超静定结构的影响线,矩阵位移法(附连续梁和平面刚架的程序框图设计和源程序),超静定结构总论,结构的动力计算,结构的稳定计算,结构的极限荷载。每章均有本章提要、本章小结、思考题和习题,书后附有习题答案。

本书选材适当,内容精练,说理透彻,符合认识规律,注重联系实际,并反映了本学科的新内容。

本书可作为土木工程专业,即“大土木”的房建、路桥、水利等各类专门化方向的教材,也可作成人教育、自学考试的教材,及供有关工程技术人员参考。

出版者:武汉工业大学出版社(武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

印刷者:武汉工业大学出版社印刷厂

发行者:各地新华书店

开 本:880×1230 1/16

印 张:14.50

字 数:480 千字

版 次:2000 年 8 月第 1 版

印 次:2000 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-5629-1547-4/TU·133

印 数:1—10 000 册

定 价:21.50 元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

普通高等学校土木工程专业新编系列教材

编 审 委 员 会

顾 问:成文山 滕智明 罗福午 魏明钟 李少甫

甘绍熺 施楚贤 白绍良 彭少民 范令惠

主 任:江见鲸 吕西林 高鸣涵

副主任:朱宏亮 辛克贵 袁海庆 吴培明 李世蓉

苏三庆 刘立新 赵明华 孙成林

委 员:(按姓氏笔画顺序排列)

于书翰 丰定国 毛鹤琴 甘绍熺 白绍良

白晓红 包世华 田道全 成文山 江见鲸

吕西林 刘立新 刘长滨 刘永坚 刘伟庆

朱宏亮 朱彦鹏 孙家齐 孙成林 过静君

李少甫 李世蓉 李必瑜 吴培明 吴炎海

辛克贵 苏三庆 何铭新 汤康民 陈志源

罗福午 周 云 赵明华 赵均海 尚守平

施楚贤 柳炳康 姚甫昌 胡敏良 俞 晓

桂国庆 顾敏煜 徐茂波 袁海庆 高鸣涵

蒋沧如 谢用九 彭少民 覃仁辉 蔡德明

燕柳斌 魏明钟

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘 书 长:蔡德明

出版说明

1998年7月,教育部颁布了新的普通高等学校本科专业目录,1999年全国高等学校都已按新的专业目录招生。新的土木工程专业专业面大大拓宽,相应的专业业务培养目标、业务培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化。原有的教材已经不能适应新专业的培养目标和教学要求,组织一套新的土木工程专业系列教材成为众多院校的翘首之盼。武汉工业大学出版社在中国土木工程学会教育工作委员会的指导和帮助下,经过大量的调研,组织国内29所大学的土木工程学科的教授共同编写了这套系列教材。

本套教材的主、参编人员及编委会顾问遵照1998年1月建设部全国土木建筑工程专业教学指导委员会昆明会议和1998年5月上海的全国土木工程专业系主任会议的精神,经过充分研讨,决定首批编写出版29种主干课程的教材,以尽快满足全国众多院校的教学需要,以后再根据专业方向的需要逐步增补。中国土木工程学会教育工作委员会组织专家审查了本套教材的编写大纲,决定将其作为“中国土木工程学会教育工作委员会审定教材”出版。作为一套全新的系列教材,本套教材的“新”体现在以下几点:

体系新——本套教材从“大土木”的专业要求出发,从整体上考虑专业的课程设置和各门课程的内容安排,按照教学改革方向要求的学时统一协调与整合,组成一套完整的、各门课程有机联系的系列。整套教材的编写除正文外,大多增加了本章提要、本章重点、例题详解、思考题、习题等,以使教材既适合教学需要,又便于学生自学。

内容新——本套教材中各门课程教材的主、参编人员特别注意了教材内容的更新和吸收各校教学改革的阶段性成果,以适应21世纪土木工程人才的培育要求。

规范新——本套教材中凡涉及土木工程规范的全部采用国家颁布的最新规范。

本套教材是新专业目录颁布实施后的第一套土木工程专业系列教材,是面向新世纪、适应新专业的一套全新的教材。能为新世纪土木工程专业的教材建设贡献微薄之力,自是我们应尽的责任和义务,我们感到十分欣慰。然而,正因其为第一套教材,尽管我们的编审者、编辑出版者夙兴夜寐、尽心竭力,不敢稍有懈怠,它仍然还会存在缺点和不足。嚶其鸣矣,求其友声,我们诚恳地希望选用本套教材的广大师生在使用过程中给我们多提意见和建议,以便我们不断修改、完善全套教材,共同为教育事业的发展作出贡献。

武汉工业大学出版社

2000.2

前 言

本书是为普通高等学校土木工程专业新编系列教材新编的《结构力学》教材。编写依据是教育部颁布实施的《普通高等学校本科专业目录》中所规定的土木工程专业的业务培养目标和国家教委审定的《结构力学课程教学基本要求》(多学时),并参照了建设部全国土木建筑工程专业教学指导委员会制定的《结构力学》课程教学大纲。适用对象为普通高等学校土木工程专业(即“大土木”)各类专门化方向的本科学生,也可供参加高等学校自学考试的学生和有关工程技术人员阅读参考。

结构力学是土木工程各类专门化方向的一门重要的专业(技术)基础课,在基础课与专业课之间起着承上启下的作用,是“大土木”的一门重要的主干课程。本书在编写时,力求取材适当,既要为打好基础精选内容,又要反映本学科的新发展;力求说理透彻、脉络清晰,符合认识规律,既方便教师教,也方便学生自学;力求理论联系实际。

与本教科书相应的“结构力学”的课程学时分配(参考)如下:

章 次	学时数	其 中		备 注
		理论教学学时数	实践性教学学时数	
1	2	2		1. 总学时数:110
2	4	3	1	2. 考试类别:考试
3	3	2	1	3. 实践性教学指习题课、课堂讨论及上机
4	4	3	1	实践;应保证学生有充分的上机实践时
5	2	2		数
6	5	3	2	4. 道桥类专门化方向影响线学时数可适
7	2	2		当增加
8	8	6	2	
9	8	6	2	
10	10	8	2	
11	6	5	1	
12	6	4	2	
13	14	8	6	
14	2	2		
15	14	12	2	
16	12	10	2	
17	6	6		
合 计	108	84	24	

本书内容略多于以上学时分配。各校可根据自己的教学计划时数有选择地应用,不同专门化方向可以选用不同的内容。书中加“*”号部分为选学、提高的内容。

本书由包世华制定编写大纲。撰稿分工如下:包世华,第1、7(部分)、8、9、15、16、17章;辛克贵,第10、11、12、13、14章;燕柳斌,第2、3、4、5、6、7(部分)章。全书由包世华修改定稿。

本书由教育部高等工科力学课程指导委员会主任、结构力学课程指导组组长、中国工程院院士、清华大学龙驭球教授和清华大学张铜生教授审阅,龙驭球为主审。他们对编写大纲及书稿提出了许多宝贵意见,在此,对他们表示感谢。

由于时间仓促,本书难免存在不足之处,欢迎读者批评指正。

编 者
2000年7月

目 录

1 绪 论	(1)
本章提要	(1)
1.1 结构和结构的分类	(1)
1.2 结构力学的任务与方法	(3)
1.2.1 结构力学课程与其他课程的关系	(3)
1.2.2 结构力学的任务和学习方法	(3)
1.3 结构的计算简图	(4)
1.3.1 计算简图及其选择原则	(4)
1.3.2 计算简图的简化要点	(4)
1.3.3 结构计算简图示例	(8)
1.4 杆件结构的分类	(9)
1.5 荷载的分类	(11)
本章小结	(11)
思考题	(11)
2 结构的几何组成分析	(12)
本章提要	(12)
2.1 几何组成分析的目的、几何不变体系和几何可变体系	(12)
2.2 自由度和约束的概念	(13)
2.2.1 自由度	(13)
2.2.2 约束	(13)
2.2.3 虚铰(瞬铰)	(14)
2.2.4 体系的自由度计算公式	(15)
2.3 几何不变无多余约束的平面杆件体系的几何组成规律	(16)
2.3.1 三刚片规则	(16)
2.3.2 二刚片规则	(16)
2.3.3 二元体规则	(17)
2.4 瞬变体系	(18)
2.5 几何组成分析举例	(18)
2.6 结构的几何组成和静定性的关系	(20)
本章小结	(21)
思考题	(21)
习题	(21)
3 静定梁	(24)
本章提要	(24)
3.1 静定单跨梁的计算	(24)
3.1.1 用截面法求指定截面的内力	(24)
3.1.2 利用微分关系作内力图	(24)
3.1.3 分段叠加法作弯矩图	(25)
3.2 简支斜梁的计算	(28)
3.3 多跨静定梁	(30)

本章小结	(32)
思考题	(32)
习题	(33)
4 静定刚架.....	(35)
本章提要	(35)
4.1 静定平面刚架的几何组成及特点.....	(35)
4.2 静定刚架支座反力的计算.....	(36)
4.3 静定刚架内力计算和内力图的绘制.....	(38)
4.4 三铰刚架及多层多跨静定刚架的内力图.....	(40)
*4.5 静定空间刚架的计算	(45)
本章小结	(46)
思考题	(46)
习题	(47)
5 三铰拱和悬索.....	(51)
本章提要	(51)
5.1 三铰拱的组成和类型.....	(51)
5.2 竖向荷载作用下三铰拱的支座反力及截面内力计算公式.....	(52)
5.2.1 支座反力计算.....	(52)
5.2.2 内力计算公式.....	(53)
5.3 三铰拱的受力特性.....	(55)
5.4 三铰拱的合理轴线.....	(56)
*5.5 悬索	(58)
5.5.1 荷载沿水平线均匀分布.....	(58)
5.5.2 荷载沿索长均匀分布.....	(61)
本章小结	(64)
思考题	(64)
习题	(64)
6 静定桁架和组合结构.....	(66)
本章提要	(66)
6.1 桁架的特点和组成分类.....	(66)
6.2 结点法.....	(67)
6.3 截面法.....	(70)
6.4 结点法和截面法的联合应用.....	(71)
6.5 组合结构.....	(73)
*6.6 静定空间桁架	(75)
6.6.1 空间桁架的应用.....	(75)
6.6.2 空间桁架的几何组成.....	(75)
6.6.3 空间桁架的计算方法.....	(76)
本章小结	(80)
思考题	(80)
习题	(81)
7 静定结构总论.....	(85)
本章提要	(85)
7.1 静定结构受力分析的方法.....	(85)
7.2 静定结构的一般性质.....	(87)

7.3 各种结构型式的受力特点	(89)
7.3.1 梁、拱、刚架和桁架的受力特点	(89)
7.3.2 梁式桁架的形式与受力特点	(91)
*7.4 用零载法分析体系的几何可变性	(93)
思考题	(95)
习题	(95)
8 影响线	(97)
本章提要	(97)
8.1 影响线的概念	(97)
8.2 静力法作静定单跨梁影响线	(98)
8.2.1 简支梁的影响线	(98)
8.2.2 伸臂梁的影响线	(100)
8.3 结点荷载作用下梁的影响线	(102)
8.4 静力法作桁架的影响线	(104)
8.5 机动法作静定梁的影响线	(106)
8.5.1 刚体体系的虚功原理	(107)
8.5.2 机动法作影响线的原理和步骤	(107)
8.5.3 机动法作简支梁的影响线	(108)
8.5.4 机动法作静定多跨梁的影响线	(109)
8.6 影响线的应用	(111)
8.6.1 计算影响量值	(111)
8.6.2 可动均布荷载的最不利布置	(112)
8.6.3 移动荷载的最不利位置	(113)
*8.7 公路、铁路的标准荷载制及换算荷载	(118)
8.7.1 公路、铁路的标准荷载制	(118)
8.7.2 换算荷载	(118)
*8.8 简支梁的包络图和绝对最大弯矩	(120)
8.8.1 简支梁的包络图	(120)
8.8.2 简支梁的绝对最大弯矩	(121)
本章小结	(123)
思考题	(123)
习题	(124)
9 虚功原理和结构的位移计算	(128)
本章提要	(128)
9.1 位移计算概述	(128)
9.2 虚功和虚功原理	(129)
9.2.1 虚功	(129)
9.2.2 刚体体系虚功原理的两种应用	(130)
9.2.3 变形体体系的虚功原理	(134)
9.3 单位荷载法计算位移和位移计算的一般公式	(136)
9.4 荷载作用下的位移计算	(136)
9.4.1 荷载作用下位移的计算公式及计算位移的步骤	(136)
9.4.2 各类结构的位移计算公式	(137)
9.4.3 荷载作用下位移计算举例	(138)
9.5 图乘法	(141)

9.5.1	图乘法的计算公式	(141)
9.5.2	图乘的分段和叠加	(142)
9.5.3	图乘法位移计算举例	(144)
9.6	温度作用时的位移计算	(149)
9.7	支座移动时的位移计算	(151)
9.8	线性变形体系的互等定理	(152)
9.8.1	功的互等定理	(152)
9.8.2	位移互等定理	(153)
9.8.3	反力互等定理	(153)
*9.9	空间刚架的位移计算公式	(154)
本章小结		(155)
思考题		(156)
习题		(157)
10	力法	(162)
本章提要		(162)
10.1	超静定结构和超静定次数	(162)
10.1.1	超静定结构	(162)
10.1.2	超静定次数的确定	(162)
10.2	力法的基本概念	(164)
10.2.1	力法的基本未知量和基本体系	(164)
10.2.2	力法的基本方程	(164)
10.3	力法方程的典型形式	(166)
10.3.1	两次超静定结构的力法方程	(166)
10.3.2	n 次超静定结构的力法方程	(167)
10.4	超静定梁、刚架和排架	(168)
10.4.1	超静定梁和刚架	(168)
10.4.2	铰接排架	(173)
10.5	超静定桁架和组合结构	(175)
10.5.1	超静定桁架	(175)
10.5.2	超静定组合结构	(176)
10.6	对称结构的计算	(178)
10.6.1	结构和荷载的对称性	(178)
10.6.2	取对称基本体系计算	(179)
10.6.3	取半边结构计算	(180)
10.7	超静定拱	(186)
10.7.1	两铰拱计算	(187)
10.7.2	对称无铰拱计算	(190)
*10.8	交叉梁系和超静定空间刚架	(193)
10.8.1	交叉梁系的计算	(193)
10.8.2	超静定空间刚架的计算	(196)
10.9	温度变化和支座移动时超静定结构的内力	(197)
10.9.1	温度变化时的内力计算	(198)
10.9.2	支座移动时的内力计算	(199)
10.10	超静定结构的位移计算	(202)
10.11	超静定结构计算的校核	(204)

本章小结..... (206)

思考题..... (207)

习题..... (208)

附录 习题答案..... (213)

参考文献..... (217)

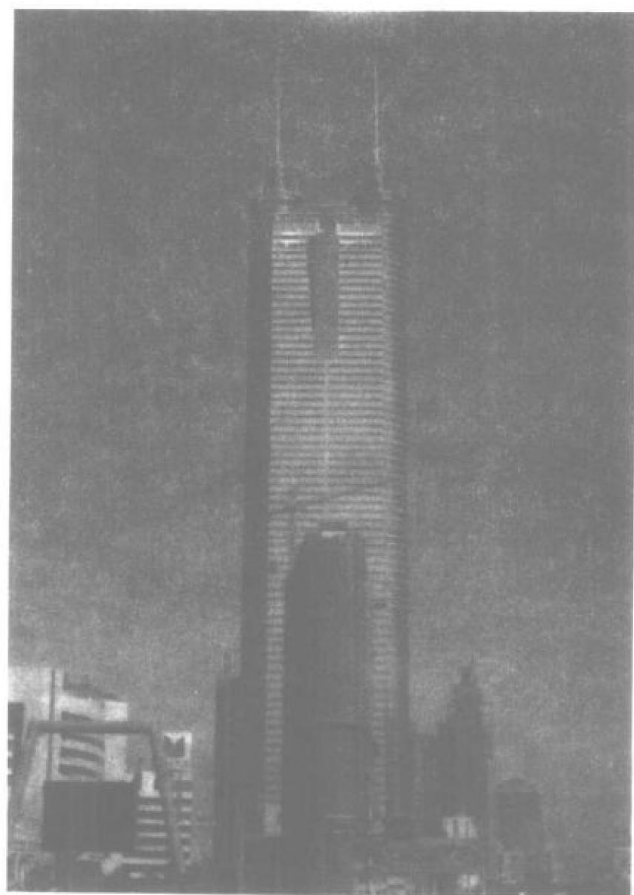
1 绪 论

本章提要

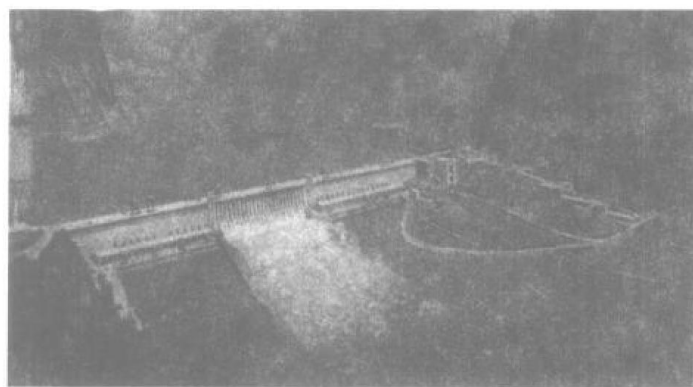
本章介绍结构力学的任务与方法、结构的计算简图、结构和杆件结构的分类、荷载的分类等四个问题,其中结构的计算简图是重点,是本书后续章节计算的依据。

1.1 结构和结构的分类

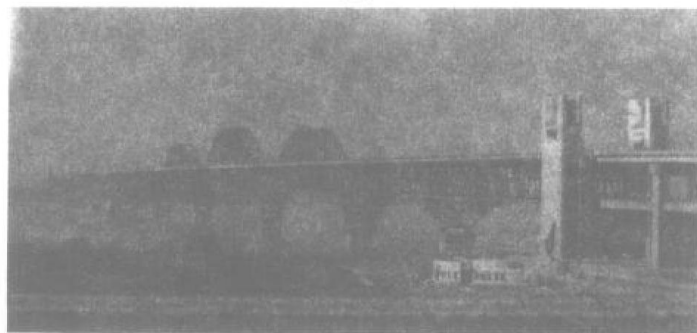
在土木工程中,由建筑材料筑成,能承受荷载而起骨架作用的构筑物称为工程结构,简称结构。图 1.1 是一些工程结构的例子^①。图 1.1(a)为一高层建筑结构,图 1.1(b)为一水利枢纽工程,图 1.1(c)为一桥梁结构,图 1.1(d)为一工业厂房结构。再细一些,如图 1.16 所示单层厂房结构中的屋面板、屋架、梁、柱、基础及其组成的体系,也都是结构。



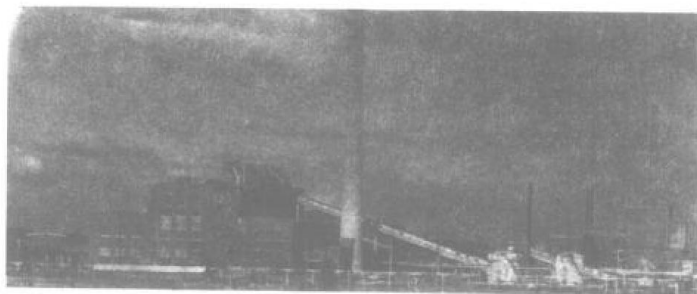
(a)



(b)



(c)



(d)

图 1.1 工程结构示例

(a)深圳地王大厦;(b)长江三峡水利工程;(c)九江长江大桥;(d)某热电站厂房结构

^① 严格地说,照片中看到的是这些结构的外形,只有图 1.1(c)的桥梁结构,其受力骨架是展现在外的。

结构按其几何特征通常分为三类：

(1)杆件结构

杆件结构是由杆件或若干根杆件相互连接组成。杆件的几何特征是一个方向尺寸中的长度 l 比截面宽度 b 和厚度 h 大得多,如图 1.2 所示。各种结构中,杆件结构最多,本书讨论的也主要是杆件结构。

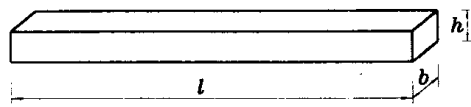


图 1.2 杆件

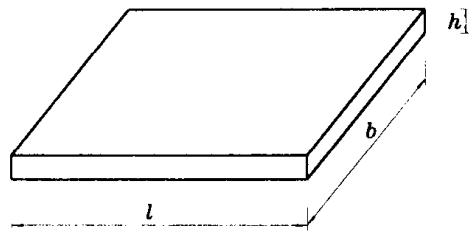


图 1.3 平板

(2)板壳结构(又称薄壁结构)

它的几何特征是一个方向尺寸中的厚度 h 比长度 l 和宽度 b 小得多,如图 1.3 所示的平板。由几块平板组合,可得折板,如图 1.4(a)所示;图 1.4(b)为折板屋面结构。当薄壁结构为曲面时,则为壳体,如图 1.5(a)所示;图 1.5(b)为一壳体屋面结构。

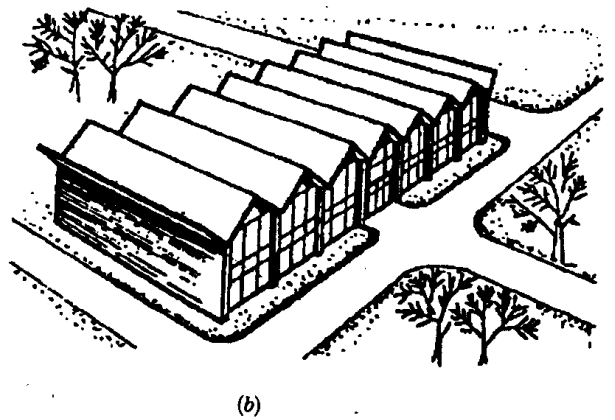
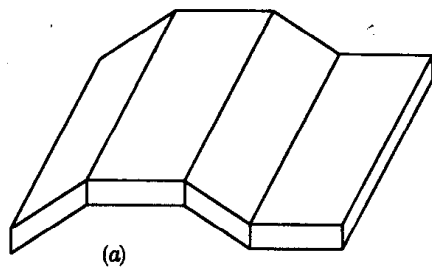


图 1.4 折板结构
(a)折板;(b)折板屋面

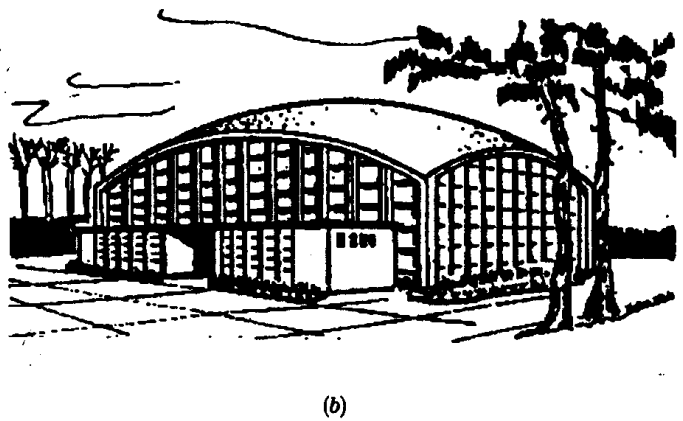
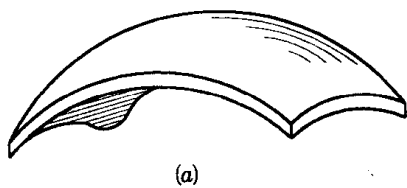


图 1.5 壳体结构
(a)壳体;(b)壳体屋面结构

(3)实体结构

实体结构的几何特征是一个方向尺寸中,长度 l 、宽度 b 和厚度 h 大致相当,如挡土墙(图 1.6)、堤坝和块体基础(图 1.7)等。

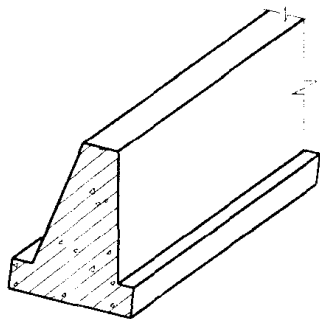


图 1.6 挡土墙

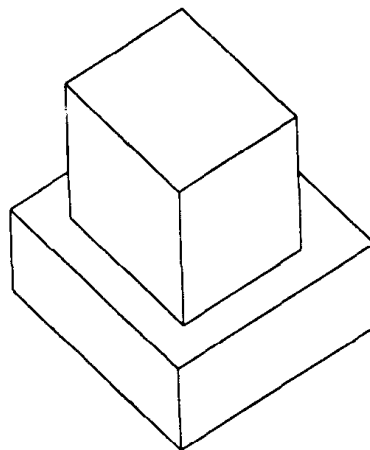


图 1.7 块体基础

1.2 结构力学的任务与方法

1.2.1 结构力学课程与其他课程的关系

本课程讨论的范围是杆件结构,因此,也可称为杆件结构力学,简称为结构力学。

结构力学是土木工程系各专业的一门重要的技术基础课,在各门课程的学习中起着承上启下的作用。

结构力学是理论力学和材料力学的后续课程。理论力学研究的是刚体的机械运动(包括静止和平衡)的基本规律和刚体的力学分析。材料力学研究的是单根杆件的强度、刚度和稳定性问题。而结构力学则是研究杆件体系的强度、刚度和稳定性问题。因此,理论力学和材料力学是学习结构力学的重要的基础课程,为结构力学提供力学分析的基本原理和基础。

同时,结构力学又为后续的弹性力学(研究板壳结构和实体结构的强度、刚度和稳定性问题)以及混凝土结构、砌体结构和钢结构等专业课程提供了进一步的力学知识基础。因此,结构力学课程的学习在土木工程系的房建、结构、道路、桥梁、水利及地下工程各专业的学习中均占有重要的地位。

1.2.2 结构力学的任务和学习方法

结构力学的任务包括以下几个方面:

- (1)研究结构的组成规律、合理形式以及结构计算简图的合理选择;
- (2)研究结构内力和变形的计算方法,以便进行结构强度和刚度的验算;
- (3)研究结构的稳定性以及在动力荷载作用下结构的反应。

结构力学的计算问题分为两类:一类为静定性的问题,只需根据下面三个基本条件的第一个条件——平衡条件,即可求解;另一类为超静定性的问题,必须满足以下三个基本条件,方能求解。三个基本条件是:

- (1)力系的平衡条件 在一组力系作用下,结构的整体及其中任何一部分都应满足力系的平衡条件。
- (2)变形的连续条件,即几何条件 连续的结构发生变形后,仍是连续的,材料没有重叠或缝隙;同时结构的变形和位移应满足支座和结点的约束条件。
- (3)物理条件 把结构的应力和变形联系起来的物性条件,即物理方程或本构方程。

以上三个基本条件,贯穿在本课程的全部计算方法中,只是满足的次序和方式不同而已。

学习时要注意结构力学与其他课程的联系。对理论力学和材料力学等先修课程的知识,应当根据情况进行必要的复习,并在运用中得到巩固和提高。

学习时要注意分析方法与解题思路。在本课程中讲述了各种具体的计算方法,均是前述三个基本条件的具体体现,要注意各种方法在其计算过程中是怎样实现三个基本条件的要求的。学习时要着重掌握各种方法的解题思路,特别是要从这些具体的算法中学习分析问题的一般方法,例如:如何由已知领域逐步过渡到未知新领域的方法,如何将整体分解成局部再由局部综合成整体的方法,如何把有关几个问题加以对比的方

法,等等。

学习时要注意多练。作题练习,是学习结构力学的重要环节。不作一定数量的习题,是很难掌握其中的概念、原理和方法的。但是作题也要避免各种盲目性:不看书,不复习,只埋头作题,这是第一种;贪多求快,不求甚解,这是第二种;只会对答案,不会自己校核,这是第三种;错题不改正,不会从中吸取教训得以提高,这是第四种。

1.3 结构的计算简图

1.3.1 计算简图及其选择原则

实际结构是很复杂的,完全按照结构的实际工作状态进行力学分析是不可能的,也是不必要的。因此,对实际结构进行力学计算以前,必须加以简化,略去不重要的细节,用一个能反映其基本受力和变形性能的简化的计算图形来代替实际结构。这种代替实际结构的简化计算图形称为结构的计算简图。结构的受力分析都是在计算简图上进行。因此,计算简图的选择,是结构受力分析的基础。选择不当,则计算结果不能反映结构的实际工作状态,严重的将会引起工程事故。所以,对计算简图的选择,应该十分重视。

计算简图的选择原则是:

- (1)计算简图应能反映实际结构的主要受力和变形性能;
- (2)保留主要因素,略去次要因素,使计算简图便于计算。

应当指出,计算简图的选择在上述原则指导下,要根据当时当地的具体要求和条件来选用,并不是一成不变的。如对重要的结构应采用比较精确的计算简图;对不重要的结构可以使用较为简单的计算简图。如在初步设计的方案阶段,可使用较为粗糙的计算简图;而在技术设计阶段再使用比较精确的计算简图。如用手算,可采用较为简单的计算简图;而用电算,则可以采用较为复杂的计算简图。

1.3.2 计算简图的简化要点

(1)结构体系的简化

一般结构实际上都是空间结构,各部分相互连接成为一个空间整体,以承受各个方向可能出现的荷载。但在多数情况下,常可以忽略一些次要的空间约束而将实际结构分解为平面结构,使计算得以简化。本书主要讨论平面结构的计算问题。当然也有一些结构具有明显的空间特征而不宜简化成平面结构,本书也将涉及到这方面的内容。

(2)杆件的简化

杆件的截面尺寸(宽度、厚度)通常比杆件长度小得多,截面变形符合平截面假设,截面上的应力可根据截面的内力(弯矩、剪力、轴力)来确定,截面上的变形也可根据轴线上的应变分量来确定。因此,在计算简图中,杆件可用其轴线表示,杆件之间的连接区用结点表示,杆长用结点间的距离表示,荷载的作用点也转移到轴线上。当截面尺寸增大时(例如超过杆长的 $1/4$),杆件用其轴线表示的简化,将引起较大的误差。

(3)杆件间连接的简化

结构中杆件与杆件之间的相互连接处,简化为结点。木结构、钢结构和混凝土结构中杆件与杆件之间相互连接的构造方式虽然很多,但其结点通常简化为以下两种理想情形:

①铰结点

理想铰结点的特点是:被连接的杆件在结点处不能相对移动,但可绕铰自由转动;在铰结点处可以承受和传递力,但不能承受和传递力矩。这种理想情况,实际结构中是很难遇到的。图1.8(a)所示之木屋架端结点,由于连接的作用,各杆之间不能相对移动,但有相互间微小转动,计算时简化为一铰结点,其计算简图如图1.8(b)所示。木屋架的结点也只是比较接近铰结点。图1.9(a)所示一钢桁架的结点,是通过结点板把各杆件焊接在一起的,实际上各杆端是不能相对转动的,但在桁架中各杆主要是承受轴力,因此计算时仍将这种结点简化为铰结点[图1.9(b)]。

②刚结点

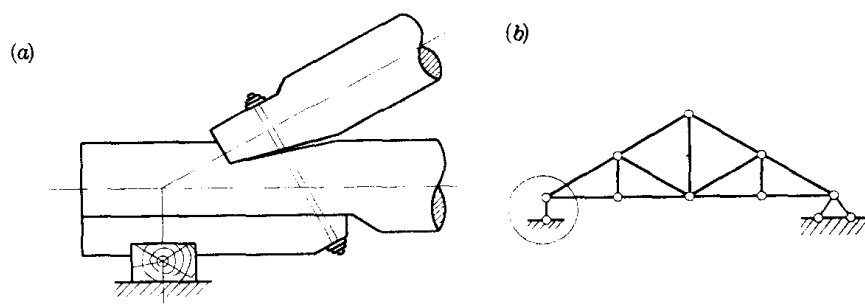


图 1.8 木屋架结点——铰结点
(a)木屋架端结点构造;(b)铰结点计算图

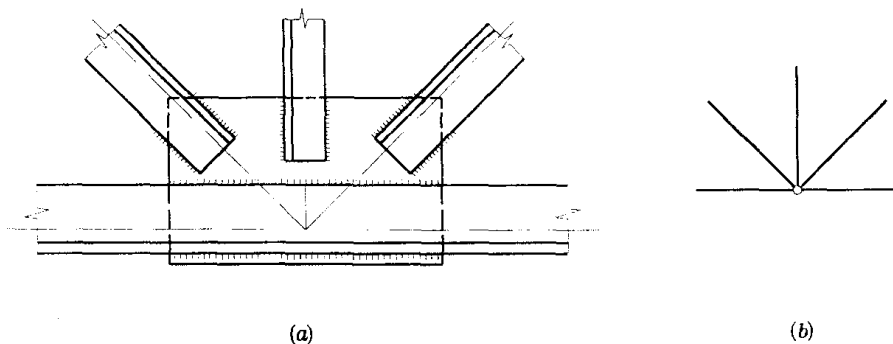


图 1.9 钢桁架结点——铰结点
(a)钢桁架结点做法;(b)铰结点计算图

刚结点的特点是:被连接的杆件在结点处不能相对移动,也不能相对转动;在刚结点处不但能承受和传递力,而且能承受和传递力矩。图 1.10(a)所示是一钢筋混凝土框架边柱和梁的结点,由于梁和柱之间的钢筋布置以及混凝土将它们浇筑成整体,使梁和柱不能产生相对移动和转动,计算时简化为一刚结点,其计算简图如图 1.10(b)所示。

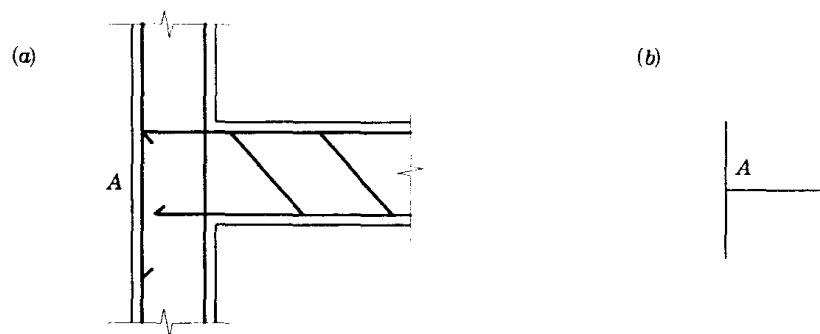


图 1.10 钢筋混凝土梁柱结点——刚结点
(a)钢筋混凝土梁柱结点做法;(b)刚结点计算图

(4)结构与基础间连接的简化

结构与基础的连接装置称为支座。支座的作用是把结构固定于基础上,同时,结构所受的荷载,通过支座传到基础和地基。支座对结构的反作用力称为支座反力。平面结构的支座,一般简化为下面四种情形:

①活动铰支座

图 1.11(a)为一桥梁结构活动铰支座的照片;图 1.11(b)、(c)所示为桥梁结构中所用辊轴支座和摇轴支座的简化图形。它容许结构在支承处绕圆柱铰 A 转动和沿平行于支承平面 $m-n$ 的方向移动,但 A 点不能沿垂直于支承面的方向移动。当不考虑摩擦力时,这种支座的反力 R_A 将通过铰 A 的中心并与支承平面 $m-n$ 垂直,即反力的作用点和方向都是确定的,只有它的大小是一个未知量。根据活动铰支座的位移和受力特点,在计算简图中可以用一根垂直于支承面的链杆 AB 来表示,如图 1.11(d)所示。此时结构可绕铰 A 转动;链杆又可绕 B 转动,当转动很微小时, A 点的移动方向可看成是平行于支承面的。

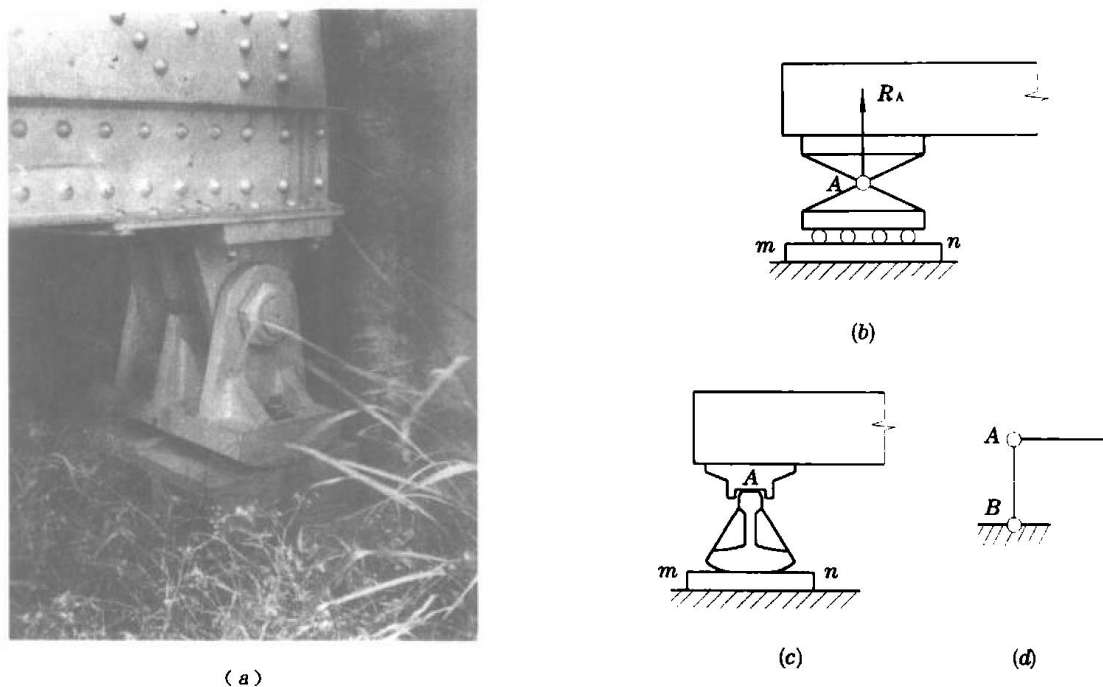


图 1.11 活动铰支座

(a) 桥梁活动铰照片; (b) 辊轴支座; (c) 摇轴支座; (d) 活动铰支座计算简图

② 固定铰支座

这种支座的构造如图 1.12(a)、(b) 所示, 常简称为铰支座, 它容许结构在支承处绕圆柱铰 A 转动, 但 A 点不能作水平和竖向移动。支座反力 R_A 将通过铰 A 中心, 但大小和方向都是未知的, 通常可用沿两个确定方向的分反力, 如水平反力 X_A 和竖向反力 Y_A 来表示。这种支座的计算简图可用交于 A 点的两根支承链杆来表示, 如图 1.12(c) 或 (d)。

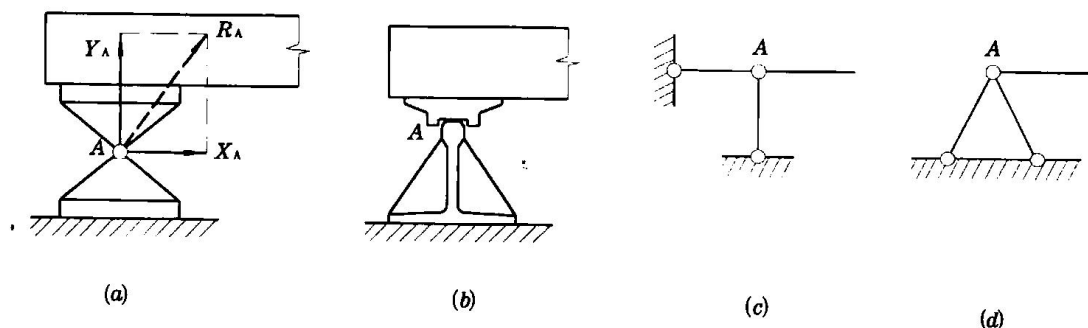


图 1.12 固定铰支座

(a)、(b) 固定铰构造; (c)、(d) 固定铰支座计算简图

图 1.13(a) 所示的预制混凝土柱, 插入杯形基础, 杯口的空隙用沥青麻丝填充, 柱子可以有微小的转动, 但在水平方向和竖直方向的移动受限制, 可以简化为一个铰支座。图 1.13(b) 中 A 处所示为一水工结构弧形闸门铰支座。闸门开启时, 可绕固定圆轴 A 旋转。图 1.13(c) 为一弧形闸门铰支座的照片。

③ 固定支座

这种支座不容许结构在支承处发生任何移动和转动 [图 1.14(a)], 它的反力大小、方向和作用点位置都是未知的, 通常用水平反力 X 、竖向反力 Y 和反力偶 M 来表示, 计算简图如图 1.14(b) 所示。

图 1.14(a) 所示悬臂梁, 当梁端插入墙身有相当深度、且与四周有相当好的密实性时, 梁端被完全固定, 可以视为固定支座。

图 1.14(c) 所示为一预制钢筋混凝土柱, 插入杯形基础, 杯口的空隙用细石混凝土填实。当预制柱插入基础有一定深度时, 柱在基础内的移动和转动均被限制, 可以简化为固定支座。

④ 定向支座

结构在支承处不能转动, 不能沿垂直于支承面的方向移动, 但可以沿支承面方向滑动, 其反力为一个垂直于支承面的力 Y_A 和一个反力矩 M_A , 计算简图可用垂直于支承面的两根平行链杆表示 (图 1.15)。