

清华大学土木工程系主编

工业与民用建筑工程自学辅导丛书

结 构 力 学

支秉琛 张玉祥

主 审 韩守询

责任编辑 崔京浩

辽宁科学技术出版社

1987年·沈阳

清华大学土木工程系主编

工业与民用建筑工程自学辅导丛书

结 构 力 学

支秉琛 张玉祥

主 审 韩守询

责任编辑 崔京浩

辽宁科学技术出版社

1987年·沈阳

内 容 提 要

本书共分十章。前三章是静定结构的内力、位移计算方法,第四章到第七章是超静定问题分析。这七章是结构静力分析的基本内容。第八章是影响线。第九章为空间结构和高层建筑简介,其中包括一些不能用杆件结构力学方法分析的结构形式,如薄板、折板、薄壳等,可供从事建筑结构施工的工作者选读。第十章介绍结构的动力计算。每章都给出了思考题和习题,书末附有习题答案。

结 构 力 学

Jiegou Lixue

支秉琛 张玉祥

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)
辽宁省新华书店发行 朝阳新华印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: $18 \frac{3}{4}$ 字数: 384,000
1987年2月第1版 1987年2月第1次印刷

责任编辑: 李殿华 封面设计: 张梅丽

印数: 1—3,200

统一书号: 13288·29 定价: 3.80 元

编委的话

为了适应自学成才、继续教育和多种形式办学的需要，我们清华大学土木工程系组织一些教师编写了《工业与民用建筑工程自学辅导丛书》。丛书共二十一册，程度相当于大专水平，主要读者对象是：广播电视大学、职工大学的学生；准备高等教育自学考试青年；继续教育进修班的学员；土建专业的在职工程技术人员。

在编写中，我们遵循了“内容充实、取材新颖、注重实用、便于自学”的原则，努力做到不仅包括学科的基本内容，而且反映科学技术的最新成果，既重视理论概念的阐述，也注意实际专题和工程实例的讲解。此外，为了减少自学的困难，对于个别内容较深的章节和习题标以注解和提示，绝大多数习题列有答案，主要的程序语句附有说明。以上是我们的主观意愿，然而心有余而力不足，问题和缺点一定不少，希望能得到同行和读者的指教。

在编写中，我们参考了全国高等教育自学考试土建类自学大纲(草案)，以及电视大学、城乡建设环境保护部职工高等专科学校等单位所制定的工民建专业的部分教学大纲。但是丛书中也有一些书目并无现成的教学大纲可资参考，这些内容在我国以往的高等学校教学中一般并不讲授，但在实际工作中却有重要用处，我们把它们编写出来，以便从事实际

工作的大专以上程度的工程技术人员，能作为继续学习或参考阅读之用。

丛书的出版，得到许多部门的帮助，得到辽宁科学技术出版社的大力支持，在这里谨向他们致谢。

《工业与民用建筑工程自学辅导丛书》编委会

1985年5月

前 言

结构力学是工业与民用建筑工程专业的一门重要的专业基础课。本书简明地叙述结构力学的基本内容。其中包括静定结构的受力分析、结构的位移计算、超静定结构计算的方法、位移法、渐近法和近似法,并在这个基础上对超静定结构的计算方法、特性和计算简图作进一步的讨论。本书还讨论了移动荷载作用下影响线和包络图的概念与作法。第九章是空间结构和高层建筑简介。最后一章讲述结构的动力分析。第九章是选读内容。其余各章都是结构力学的基本内容,应当很好地掌握。

结构力学把实际工程结构简化为结构计算简图进行分析,因此学习时要注意结合工程实际。结构力学中讲述结构分析的各种方法,学习时要注意掌握方法的概念和思路,比较各种方法的异同;对于不同类型的结构,不仅要学会计算方法,还要了解它们的受力特性。学习各种计算方法时,必须作一定数量的习题,通过作题,学习怎样具体应用原理和处理各种具体问题,同时也应通过作题,培养和提高计算能力。

为了帮助读者自学,书中给出了思考题和习题,在书的最后编入了各章习题的答案。

本书可作为大专类、电视大学、业余大学等高等院校的工业与民用建筑工程专业的结构力学教材，也可供自学人员使用，并可供其他专业人员参考。

本书一定存在不少问题，欢迎读者提出意见，以便进一步提高。

编 者

1985年7月

目 录

编委的话

前言

第一章 绪论	1
§ 1—1 结构力学的研究对象和任务	1
§ 1—2 杆件结构的分类	4
§ 1—3 结构的计算简图	6
§ 1—4 荷载的分类	13
§ 1—5 结构力学的基本假设和基本方法	14
§ 1—6 结构的几何组成分析	17
习题	33
第二章 静定结构的内力计算	40
§ 2—1 杆件的受力分析	41
§ 2—2 静定平面刚架	61
§ 2—3 三铰拱和悬索	80
§ 2—4 静定平面桁架	101
§ 2—5 组合结构的计算	128

§ 2—6 静定结构小结	133
习题	136
第三章 静定结构的位移计算	147
§ 3—1 计算结构位移的目的	147
§ 3—2 功、广义力和广义位移	148
§ 3—3 虚功原理	154
§ 3—4 单位荷载法计算结构的位移	161
§ 3—5 支座移动、温度改变等因素 引起的位移计算	165
§ 3—6 荷载作用下的位移计算	172
§ 3—7 图乘法	181
§ 3—8 位移互等定理	195
习题	199
第四章 力法计算超静定结构	204
§ 4—1 超静定结构的概念	204
§ 4—2 力法的基本概念和典型方程	208
§ 4—3 力法应用举例	218
§ 4—4 超静定拱	234
§ 4—5 对称性的利用	244
§ 4—6 荷载作用下超静定结构的位移计算	250
习题	252

第五章 位移法计算超静定结构	259
§ 5—1 位移法的基本概念.....	259
§ 5—2 位移法的基本未知量和基本方程.....	270
§ 5—3 位移法的基本体系.....	286
习题.....	298
第六章 力矩分配法和近似法	303
§ 6—1 力矩分配法的基本概念	303
§ 6—2 力矩分配法计算连续梁和 无结点线位移刚架	320
§ 6—3 对称性的利用	337
§ 6—4 力矩分配法和位移法的联合应用.....	342
§ 6—5 多层刚架的近似计算	349
习题.....	367
第七章 超静定结构总论	375
§ 7—1 超静定结构的计算方法比较	375
§ 7—2 超静定结构的特性.....	377
§ 7—3 关于计算简图的讨论.....	384
习题.....	390
第八章 影响线	391
§ 8—1 移动荷载和影响线的概念	391

§ 8—2	简支梁的影响线.....	394
§ 8—3	影响线的应用	402
§ 8—4	简支梁的包络图和绝对最大弯矩.....	409
	习题	415

第九章 空间结构和高层建筑简介 418

§ 9—1	空间结构的概念.....	418
§ 9—2	交叉梁系	419
§ 9—3	薄板的弯曲	423
§ 9—4	折板结构	436
§ 9—5	薄壳结构	445
§ 9—6	悬挂结构	461
§ 9—7	空间桁架与网架结构	469
§ 9—8	刚架、剪力墙和筒体式结构	478

第十章 结构的动力计算..... 487

§ 10—1	基本概念	487
§ 10—2	单自由度体系的自由振动	497
§ 10—3	单自由度体系的强迫振动	507
§ 10—4	单自由度体系的有阻尼振动	527
§ 10—5	多自由度体系的自由振动	539
§ 10—6	主振型的正交性.....	554

§ 10—7	多自由度体系在简谐荷载	
	作用下的强迫振动.....	556
习 题		568
习题答案		573

第一章 绪 论

§ 1—1 结构力学的研究对象和任务

建筑物中支承荷载而起骨架作用的部分叫做结构。房屋中的屋架、梁、柱、基础等构件，或由这些构件连接而组成的体系都是结构的典型例子。例如图 1—1 所示的厂房结构，就是由屋架、柱、吊车梁和基础等构件组成的空间体系。

从几何角度来看，结构可分为三类：

（1）杆件结构：结构由杆件组成。杆件的几何特征是横截面尺寸比长度小得多（图 1—1）。

（2）板壳结构：结构的厚度远小于其长度和宽度，所以也称为薄壁结构。例如折板（图1—2）、薄壳（图1—3）等。

（3）实体结构：结构的长、宽、高尺寸的量级相同。例如挡土墙（图 1—4）、堤坝等。

结构力学是理论力学和材料力学（或工程力学）的后续课程。理论力学着重研究刚体静、动力学的基本规律；材料力学着重研究单根杆件的强度、刚度和稳定性问题。结构力

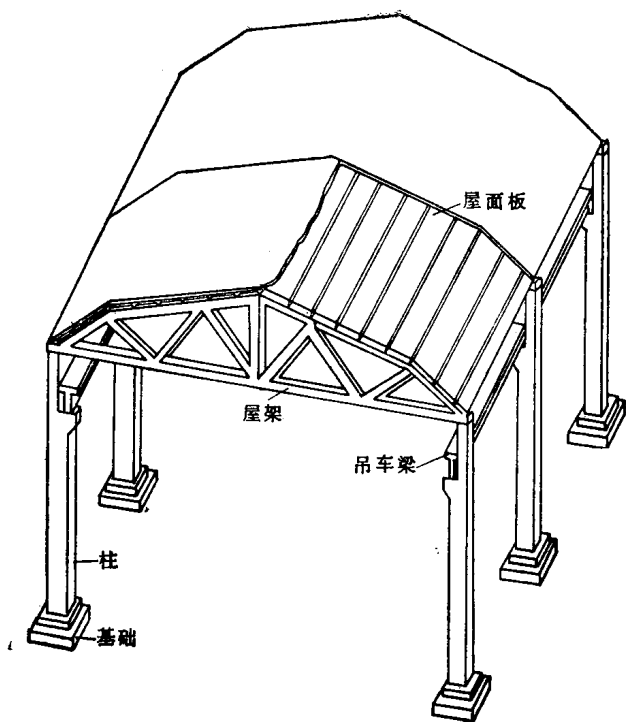


图 1-1

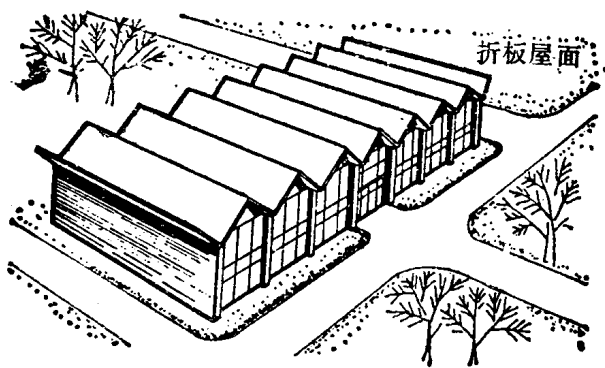


图 1-2

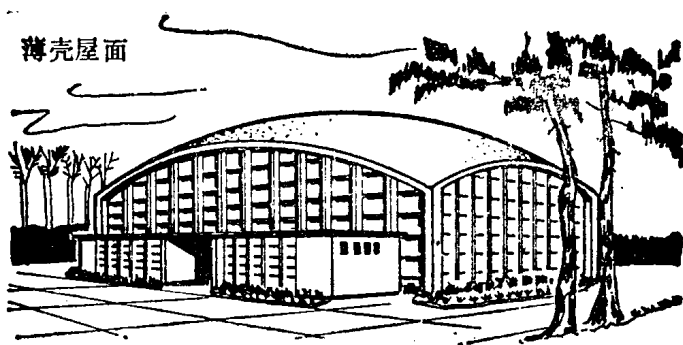


图 1—3

学则是研究若干杆件组成的杆件结构的组成规律以及强度、刚度和稳定性等问题。板壳和实体结构则主要是弹性力学的研究对象。

结构力学的知识是结构设计的基础。掌握了力学的原理和方法，不仅可以求得结构设计

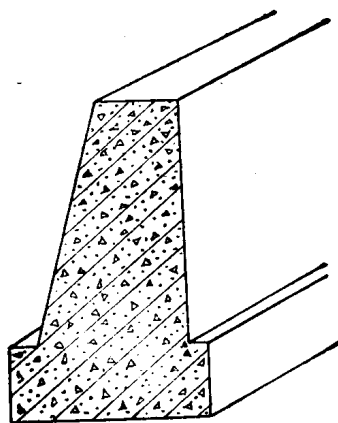


图 1—4

中所需要的内力、位移等有关数据，而且可以对结构的受力性能、优缺点等问题有较深入的认识，从而能对工程中的有关问题作出正确的判断。

本书的主要内容包括以下方面：

(1) 对实际结构进行简化，合理选择结构计算简图的

原则和方法。

(2) 结构的组成规律和常见的各种结构形式。

(3) 结构的内力和位移的计算方法以及各种常见结构的受力特点。

(4) 结构动力分析的基本方法。

应当指出，书中对一些典型结构的计算方法和力学性能进行了讨论。但这些内容并不是各自孤立的，而是从共同的原理出发，按照各自的特点，对不同的结构分别形成最简便的方法。学习时首先要弄清概念、原理和方法，再通过练习，进一步运用理论和巩固概念。另外，还应当注意观察实际结构，了解各种结构形式的特点、应用及其构造，以加深对理论的理解。

§ 1—2 杆件结构的分类

由杆件组成的结构称为杆件结构。杆件结构主要有以下几种形式：

(1) 梁（图 1—5 a）：梁是一种受弯杆件，通常是直杆，可以是单跨或多跨。

(2) 拱（图 1—5 b）：拱的轴线是曲线，其受力特点是在竖向荷载作用下有水平反力。

(3) 桁架（图 1—5 c）：桁架由直杆组成。其所有的结点都可看作铰结点。荷载作用在结点上时，各杆只受轴力。

(4) 刚架（图 1—5 d）：刚架由直杆组成。其结点

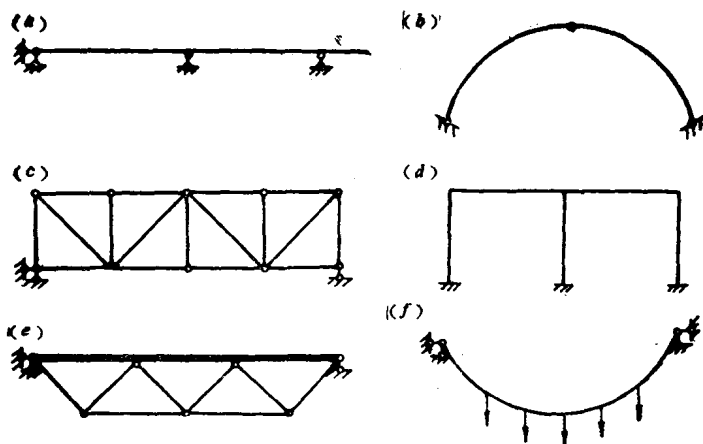


图 1—5

多为刚结点。各杆以受弯为主。

(5) 组合结构 (图1—5 e)：由受弯杆件和拉 (压) 杆件组合而成。其中含有组合结点。

(6) 悬索结构 (图 1—5 f)：由抗拉性能良好的柔性索构成。索只能承受拉力。

杆件结构又可分为平面结构和空间结构两类。凡各杆轴线和外力的作用线都在同一平面内的结构称为平面结构。否则就是空间结构。图 1—5 中列出的几种例子都属于平面结构。

实际的结构大都是空间体系，但常常可以根据其实际受力情况将它简化，分解为若干个平面结构来分析。不能简化为平面结构的，就要按空间结构进行分析。