



21世纪全国本科院校土木建筑类**创新型**应用人才培养规划教材

结构力学实用教程

主 编 常伏德 王晓天

赠送电子课件

- 导入案例中引入工程实例，增加学习目的性和趣味性
- 贯穿分析研究力学问题的科学方法及力学原理的应用
- 习题类型多样、数量丰富，兼顾注册结构工程师考试



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材

结构力学实用教程

主 编	常伏德	王晓天
副主编	王树范	刘丽华
主 审	范国庆	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是编者依据多年的教学改革经验编写的,对与力学课程紧密联系的高等数学课程及后续的各专业课程进行了系统的分析。本书在符号的使用上,尽可能与土木工程专业规范的规定相同;在内容安排上注重了承上启下、理论与实际应用的结合,对繁杂的理论推导进行了简化;强调使用计算机软件对复杂的力学问题进行分析,把烦琐的计算留给计算机;注重手算能力、基本概念的培养;在每章的导入案例中引入了工程实例,在课程内容中讨论了部分工程实例中力学原理的应用,配置了结合注册结构工程师考试的数量较多、题型较丰富的课后习题。

全书分 13 章,主要内容为绪论、平面体系的几何组成分析、静定梁、静定平面刚架、三铰拱、静定平面桁架和组合结构、结构的位移计算、力法、位移法、多高层结构内力分析的手算实用法、影响线及其应用、结构动力学、结构塑性极限荷载简介。每章均附有各种类型的习题及部分参考答案。

本书可作为高等学校土建、水利等专业的教材,也可作为工程技术人员进行工程计算、参加注册结构工程师考试的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学实用教程/常伏德,王晓天主编. —北京:北京大学出版社,2012.9

(21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-17488-3

I. ①结… II. ①常…②王… III. ①结构力学—高等学校—教材 IV. ①O342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 205636 号

书 名: 结构力学实用教程

著作责任者: 常伏德 王晓天 主编

策 划 编 辑: 吴 迪

责 任 编 辑: 伍大维

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-17488-3/TU·0272

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 三河市北燕印装有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 24.75 印张 584 字

2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 47.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本书是依据编者多年的教学改革经验及参照 2011 年颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》编写的。

本书以应用为目的，以科学的认知、学习规律为主干，贯穿了分析研究力学问题的科学方法：增加与减少约束的方法；静力平衡和分配的方法；杆件变形、物理与静力结合的方法。这些方法在教材中多次循序渐进地应用，能提高学习者研究问题和解决实际工程问题的能力。

本书在编写前，对与力学课程紧密联系的高等数学课程及后续的各门专业课程进行了系统的分析。在每章的导入案例中引入了工程实例，在课程内容中讨论了部分工程实例中力学原理的应用，配置了结合注册结构工程师考试的数量较多、题型较丰富的课后习题，这些都会增强学习者对力学学习的目的性和趣味性。

本书由长春工程学院常伏德教授、长春工程学院王晓天副教授担任主编，由长春工程学院王树范讲师、长春工程学院刘丽华教授担任副主编。本书具体编写分工是：第 1 章、第 10 章、第 13 章由常伏德编写；第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 8 章、第 11 章由王晓天编写；第 5 章、第 6 章、第 7 章、第 12 章由王树范编写；第 9 章由刘丽华编写。

本书在编写过程中得到了卢存恕教授、主审范国庆教授的无私帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，肯请广大读者批评指正。

编者

2012 年 4 月

目 录

第 1 章 绪论	1	本章小结	63
1.1 结构力学的研究对象和任务	2	关键术语	64
1.2 结构的计算简图	3	习题 4	64
1.3 结构力学发展简史	9	第 5 章 三铰拱	74
1.4 结构力学的重要性及学习方法 ...	10	5.1 三铰拱的特点	76
本章小结	11	5.2 三铰拱的支座反力和内力的 计算	77
关键术语	11	5.3 三铰拱的合理拱轴线	81
习题 1	12	本章小结	82
第 2 章 平面体系的几何组成分析	13	关键术语	83
2.1 几何组成分析的几个概念	14	习题 5	83
2.2 几何不变体系的基本组成规则 ...	17	第 6 章 静定平面桁架和组合 结构	87
2.3 瞬变体系	18	6.1 静定平面桁架	88
2.4 几何组成分析示例	19	6.2 桁架内力计算的方法	91
2.5 平面体系的计算自由度	23	6.3 静定组合结构	95
2.6 体系的几何组成与静定性的 关系	25	本章小结	96
本章小结	26	关键术语	96
关键术语	26	习题 6	97
习题 2	27	第 7 章 结构的位移计算	107
第 3 章 静定梁	35	7.1 位移计算概述	108
3.1 单跨静定梁	36	7.2 虚功和变形体虚功原理	109
3.2 多跨静定梁	42	7.3 单位荷载法计算位移和 位移计算的一般公式	113
本章小结	47	7.4 荷载作用下的位移计算	115
关键术语	47	7.5 图乘法	123
习题 3	47	7.6 静定结构温度变化时的位移 计算	129
第 4 章 静定平面刚架	53	7.7 静定结构支座移动时的位移 计算	131
4.1 刚架的特点及类型	54	7.8 线弹性结构的互等定理	132
4.2 静定刚架支座反力的计算	55		
4.3 静定刚架的内力计算与 内力图	57		

本章小结	134	10.7 静定结构与超静定结构特性的比较	257
关键术语	135	10.8 结构内力计算结果的简单判定	258
习题 7	135	本章小结	260
第 8 章 力法	143	关键术语	261
8.1 超静定结构的组成和超静定次数的确定	144	习题 10	261
8.2 力法的基本概念	146	第 11 章 影响线及其应用	268
8.3 力法的典型方程	149	11.1 影响线的概念	269
8.4 力法计算示例	152	11.2 用静力法作单跨静定梁的影响线	270
8.5 对称性的利用	168	11.3 静力法作间接荷载作用下静定梁的影响线	275
8.6 温度变化和支座移动时超静定结构的计算	173	11.4 静力法作静定桁架的影响线	277
8.7 超静定结构的位移计算	179	11.5 机动法作静定梁的影响线	280
8.8 超静定结构计算的校核	181	11.6 影响线的应用	283
本章小结	183	11.7 简支梁的内力包络图和绝对最大弯矩	287
关键术语	184	11.8 超静定梁的影响线及连续梁的包络图	291
习题 8	184	本章小结	295
第 9 章 位移法	195	关键术语	296
9.1 位移法的概念	196	习题 11	296
9.2 等截面直杆的形常数和载常数	196	第 12 章 结构动力学	305
9.3 位移法的基本未知量和基本结构	200	12.1 概述	306
9.4 位移法方程及算例	202	12.2 结构振动的自由度	307
9.5 位移法计算对称结构	212	12.3 单自由度体系的自由振动	309
9.6 用直接平衡法建立位移法方程	214	12.4 单自由度体系在简谐荷载作用下的受迫振动	315
本章小结	217	12.5 单自由度体系在任意荷载作用下的强迫振动	321
关键术语	218	12.6 两个自由度体系的自由振动	325
习题 9	218	12.7 两个自由度体系在简谐荷载下的受迫振动	330
第 10 章 多高层结构内力分析的手算实用法	228	12.8 多自由度体系的自由振动	334
10.1 力矩分配法	229	12.9 振型分解法	341
10.2 分层法	236	12.10 计算频率的近似法	346
10.3 反弯点法	239	本章小结	350
10.4 D 值法	241	关键术语	351
10.5 剪力分配法	251		
10.6 框-剪结构受力分析的连续化方法	254		

习题 12	351	13.5 梁和刚架的极限荷载	364
第 13 章 结构塑性极限荷载简介	358	本章小结	368
13.1 概述	359	关键术语	369
13.2 轴向拉压杆结构的塑性 极限荷载	360	习题 13	369
13.3 圆杆的极限扭矩	361	部分习题参考答案	373
13.4 极限弯矩和塑性铰	362	参考文献	387

第1章

绪论

本章教学要点

知识模块	掌握程度	知识要点
结构力学基本概念	掌握	结构力学基本概念
	熟悉	结构计算简图选取的基本原则
	熟悉	结构、荷载的分类
	了解	学习方法

本章技能要点

技能要点	掌握程度	应用方向
结构计算简图	熟悉	确定结构受力特点
结构、荷载的分类	熟悉	确定结构计算方法



导入案例

曾被称为“八分之一 engineer”的土木工程师

19 世纪中叶，由于工业的发展，人们开始设计、建造各种金属桁架结构的铁路桥梁等大型的工程结构。对于这些结构的设计，首先要对各个杆件之间的联系进行简化，抽象出来一个可以计算的图形，再进行体系的组成分析、静定结构和超静定结构的内力分析和计算。而那个时期的工程师对单个构件的受力性能(如简支梁等)比较熟悉，而对结构物受力性能的认识还处在一个模糊、探索的阶段，对于如图 1.1 和图 1.2 所示的结构，还没有科学的计算简图及计算方法，还主要依靠材料力学的计算公式和简陋的试验来完成设计。19 世纪末 20 世纪初，钢筋混凝土结构大量应用在土木工程中，许多土木工程师在对图 1.1 中所示连续梁的跨中弯矩进行计算时，还采用了为他们所熟知的简支梁在均布力作用下，跨中弯矩为 $1/8ql^2$ 的结果。由于实际结构的跨中弯矩小于该值，按其数值进行配筋是偏于安全的。他们对于支座处的负弯矩也采取了类似的偏于安全的算法，当年建造的一些房屋有些至今还在使用着。所以，那个时代的一些其他行业的工程师曾称呼土木工程师为“八分之一 engineer”。显然，这些结构耗费了大量的材料，是不经济的设计。并且，一些复杂的结构形式仅用这种简单的计算方式进行计算可能会得出偏于不安全的结果。

在长达 100 多年的时间里，科学家们经过不懈的努力，陆续建立起了结构力学的体系。到了 20 世纪二三十年代，科学家们还陆续创建了一些对超静定结构进行计算的简易方法，使得普通工程师在进行结构设计时，也能很容易地计算出复杂结构的内力。

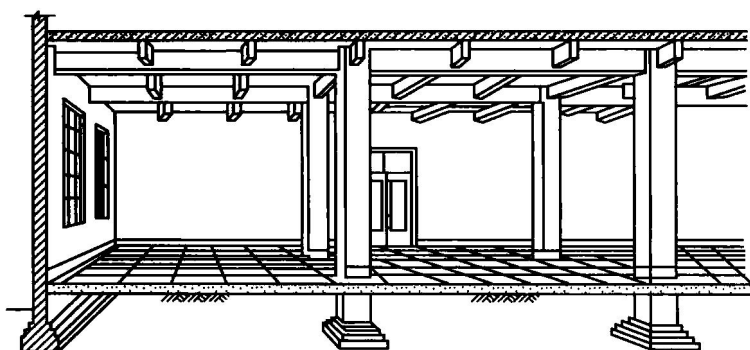


图 1.1

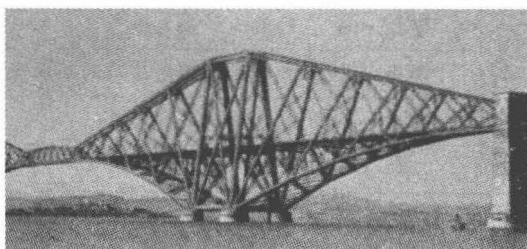


图 1.2

本章将介绍结构的分类、计算简图的选取、结构力学的发展和对结构力学的学习方法等内容。

1.1 结构力学的研究对象和任务

1. 结构及结构的分类

结构是指工程中能承受各种荷载与作用，起骨架作用的体系。例如，在房屋中的由梁和楼板组成的梁板结构体系、由梁与柱组成的框架(刚架)结构体系(图 1.1)以及由屋架与牛腿柱组成的排架结构体系，在铁路和公路上的桁架桥(图 1.2)、拱桥(图 1.3)、悬索桥(图 1.4)等，这些结构都是由梁、墙、板、柱等构件通过结点(相交点)连接而成的。这些



图 1.3

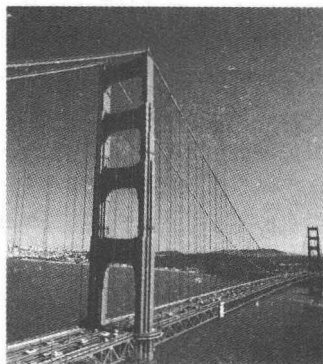


图 1.4

构件在一定条件下都可称为杆件。所谓杆件,就几何尺寸而论,其特点是沿杆长方向的尺寸要远大于其他两个方向的尺寸。由杆件组成的结构,称为杆件结构,如上述的梁、拱、刚架、桁架结构。由厚度比长度和宽度小得多的构件组成的结构称为板壳结构(壁结构),如楼板和壳体屋盖。由长度、宽度和厚度三个方向的尺度相近的构件组成的结构称为实体结构,如水工结构中的挡水坝。

2. 结构力学的研究对象和任务

结构力学是在理论力学和材料力学的基础之上,对结构的受力进行分析的重要课程。理论力学着重讨论物体机械运动的基本规律,材料力学是以单个杆件为研究对象的,而结构力学是以杆件结构为研究对象的。

为保障结构完成预定的承受各种荷载与作用,起骨架作用的目的,除了要满足各个杆件由材料力学保障的强度、刚度、稳定性外,还要保障结构的刚度和稳定性以及在振动时的安全,而这些都首先要对杆件结构的合理组成形式进行研究。例如,北京某工厂的一幢七层装配式钢筋混凝土框架结构,施工中在完成框架梁、柱吊装后,于1985年3月27日夜在一场大风中整体倒塌。原因在于结构吊装后,大部分梁柱相交结点未按要求焊接牢固,而只是点焊,致使结点刚性严重不足。这种状态下组成的结构是属于几何形状上可变动(几何不稳定)的结构,称为几何可变体系。显然,这样的体系即使在只有风力作用下也会失去原有的结构形式。因此研究结构各杆件间如何组成方能成为几何不变体系,是结构力学的首要任务。

1.2 结构的计算简图

由于实际结构的复杂性,完全按照实际结构进行受力分析一般是不可能的,也是不必要的。因此在进行结构力学计算以前必须将实际结构进行简化,略去次要的部分,表现其基本受力特征,用一个简单明了的图形代替实际结构简图,这种图形称为结构的计算简图。

1. 杆件连接的简化

结构中各个杆件相互连接的部分称为结点,按其连接的方式,一般可简化为铰结点、刚结点和组合结点。

(1) 铰结点是指相互连接的杆件在连接处可以绕铰的中心转动但不能相对移动的结点,其特点是在结点处有两个方向互相垂直的约束力,但没有约束力矩。固定铰支座就是一个大地与构件之间的铰结点。

(2) 刚结点是指相互连接的杆件在连接处既不能相对移动也不能相对转动的结点,其特点是在结点处有两个方向互相垂直的约束力,还有一个约束力矩。固定端就是一个大地与构件之间的刚结点。

(3) 组合结点是指相互连接的杆件在连接处既有刚结点又有铰结点的结点,其特点是对各自连接的杆件具有刚结点和铰结点的特征。防止电杆倾斜的斜拉索与电杆连接处,就是一个组合结点。

2. 计算简图的选取

根据结构简图抽象出计算简图,应尽可能符合结构的主要受力特征,但同时又应使计算简化,这是选取结构计算简图的两条基本原则。应用结构计算软件进行力学分析时,计算简图的选取可以再多考虑一些结构受力的次要部分。

结构计算简图的选取一般由两部分内容组成:一个是结构的简化,另一个是荷载的简化。以图 1.5(a)所示的木屋架结构简图为例说明如下:一栋房屋由多榀相互平行且等距的木屋架组成,各榀屋架的受力情况基本相同,因此只取其中一榀研究即可。以屋架各杆的轴线代替各杆件绘于图 1.5(b)中,这是结构简化的第一步。根据木杆件交汇处各杆件间存在相互转动的实际可能性,将所有结点简化为铰结点,这是结构简化的第二步。最后考虑屋架与墙的实际支承方式并有利于简化计算,将支座选取为左边是固定铰支座,右边是单链杆支座(即为滚轴支座)作为第三步。关于荷载问题,就其实际传递而言,屋架应受到由檩条传过来的屋面荷载,但由于檩条并不一定位于屋架的结点处[图 1.5(a)],因此将形成非结点荷载,这会使计算复杂,为此可将檩条传递过来的非结点荷载分解到结点上形成如图 1.5(b)所示的结点荷载,这个过程可以说是荷载简化。实际上屋架各结点上的集中荷载值可按各结点所占屋架平面位置的大小平均分配,这样就形成如图 1.5(b)所示的屋架计算简图,该图为平面桁架,所谓桁架,是指所有结点均为铰结点的杆件结构。

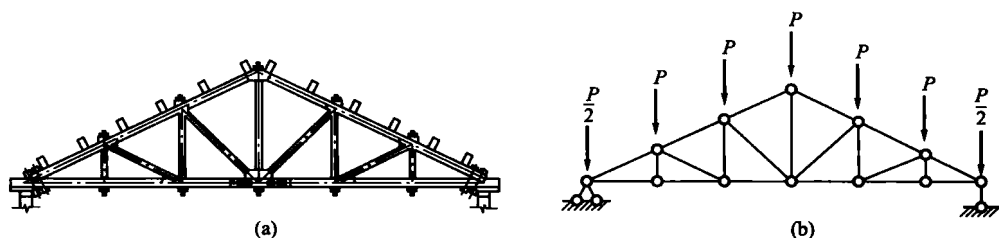


图 1.5

图 1.6 所示为一幢 7 层钢筋混凝土框架结构的计算简图。图中横竖线分别代表各层梁柱杆件,梁柱相交处应视为相互不能发生转动的刚性结点,支座均视为固定端。梁上承受由楼板或次梁传递过来的竖向荷载,框架边柱承受水平风荷载或水平地震作用。这种以刚结点为主的结构通常又称为刚架结构。

图 1.7 所示为一单层单跨厂房的计算简图。图中竖线代表厂房中的变截面柱,横线表示屋架,屋架与柱的结合点近似地看作铰接。竖向荷载除屋面传来的以外还有吊车压力(一般属偏心受压),水平荷载除风或地震作用外还要考虑吊车的刹车力。这种结构称为排架结构。

图 1.8 为工程中的施工大模板结构简图。它主要由面板、水平加劲肋、竖楞与支撑桁架等组成。两个面板在灌注混凝土时将要受到很大的与板面垂直的荷载作用,为了保证施工质量和节约钢材,必须对面板、水平加劲肋等进行强度与刚度验算,特别是刚度验算将起控制作用。图 1.9(a)为单向面板大模板构造图(结构简图);图 1.9(b)为面板的计算简图,称为多跨连续梁,它是沿水平方向取 1m 宽面板所构成的,水平肋起到支座作用;

图 1.9(c)为面板与水平加劲肋共同工作的计算简图，称为带伸出端的两跨连续梁，竖楞起到支座作用。

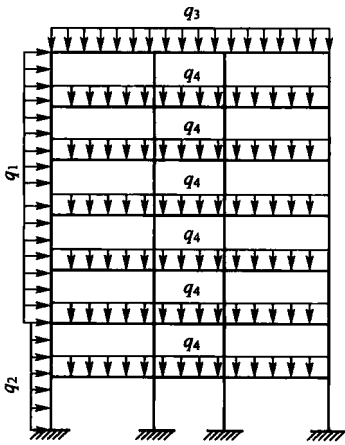


图 1.6

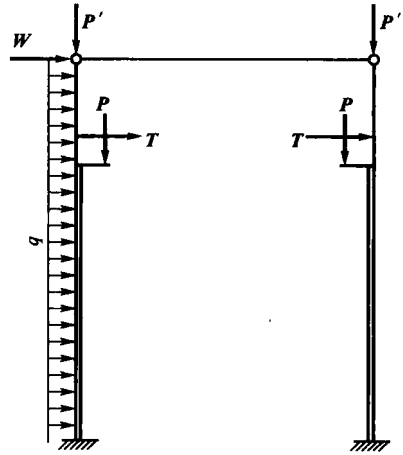


图 1.7

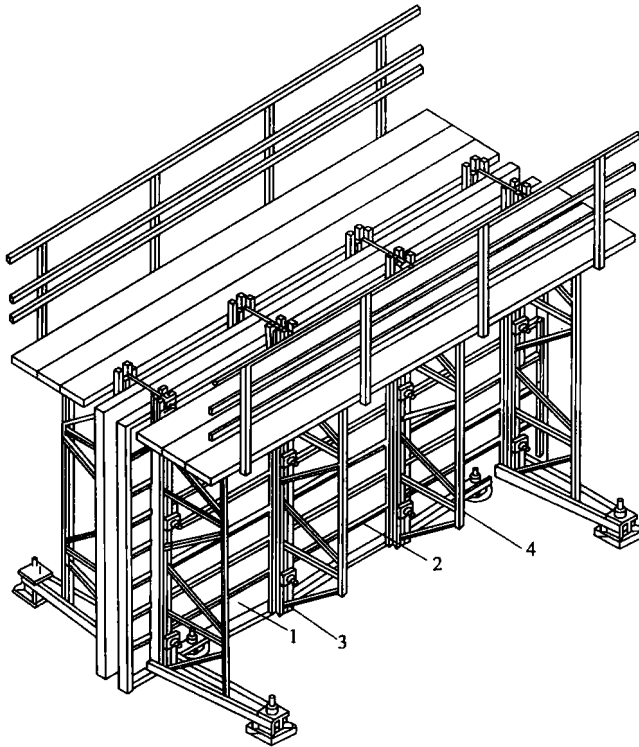


图 1.8

1—面板；2—水平加劲肋；3—竖楞；4—支撑桁架

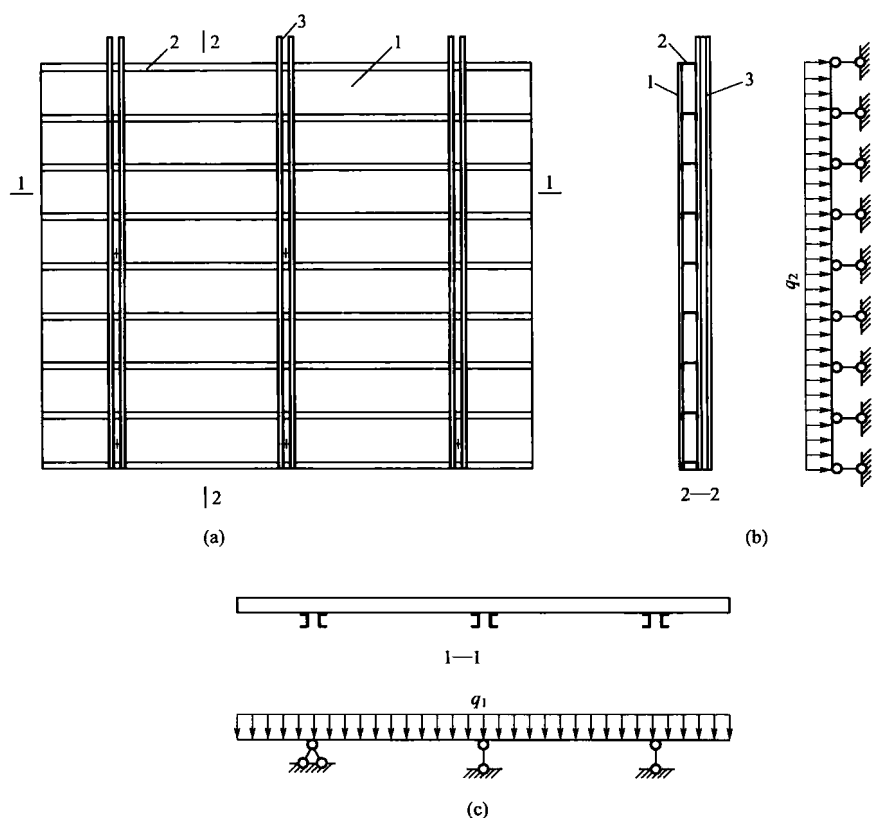


图 1.9

1—面板；2—水平肋；3—竖楞

3. 计算简图的分类

建筑结构与施工过程中常遇到的结构计算简图，按其结构的几何特征与构件连接方式的不同，可以分类如下。

1) 梁式结构

图 1.10 所示为一般常见梁的计算简图。图 1.10(a) 称为简支梁(支承最为简单)；图 1.10(b) 称为外伸梁；图 1.10(c) 称为悬臂梁；图 1.10(d)、(e) 称为多跨静定梁；图 1.10(f)、(g) 称为连续梁。除最后两种梁为超静定梁外，前面均为静定梁。

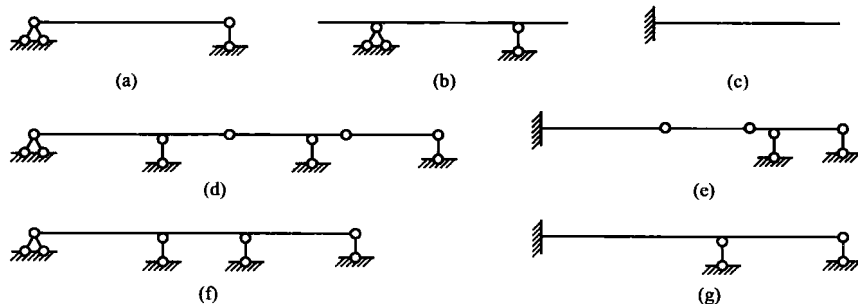


图 1.10

2) 拱式结构

图 1.11 为常见的三种拱式结构。图 1.11(a)称为三铰拱(由三个铰组成)；图 1.11(b)称为两铰拱，图 1.11(c)称为无铰拱。除三铰拱为静定结构外，后两种拱为超静定拱。

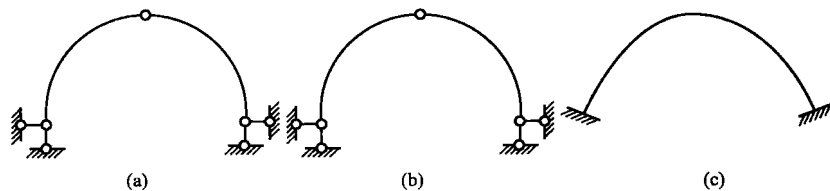


图 1.11

3) 桁架

图 1.12 给出了工程结构中最常采用的桁架类型。图 1.12(a)为平行弦桁架；图 1.12(b)为三角形桁架；图 1.12(c)为折弦形桁架；图 1.12(d)为联合桁架；图 1.12(e)为抛物线形桁架；图 1.12(f)为三铰拱式桁架。此处所给桁架均为静定桁架。

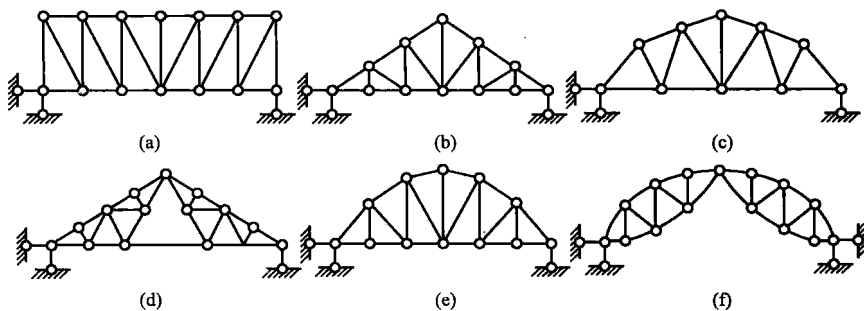


图 1.12

4) 刚架

在图 1.13 所示刚架中，图 1.13(a)为悬臂式刚架；图 1.13(b)为简支刚架；图 1.13(c)为三铰刚架；图 1.13(d)为单层多跨刚架；图 1.13(e)为多层多跨刚架。前三种刚架为静定刚架，后两种刚架为超静定刚架。

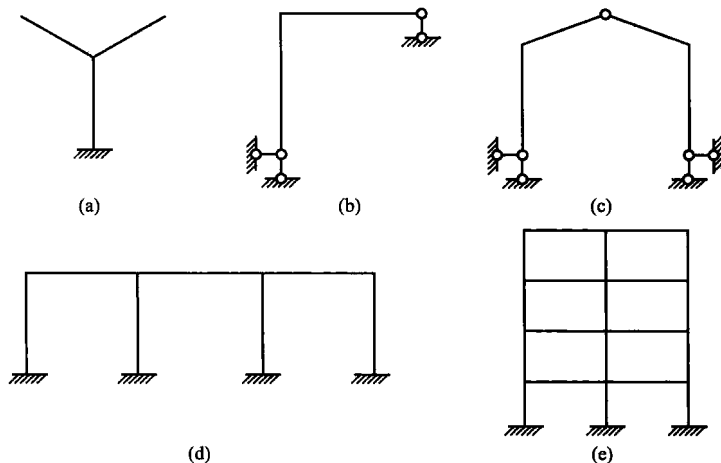


图 1.13

5) 排架

图 1.14 为单层工业厂房中最常采用的排架形式, 图 1.14(a) 为等高多跨排架; 图 1.14(b) 为不等高多跨排架。两者均为超静定结构。

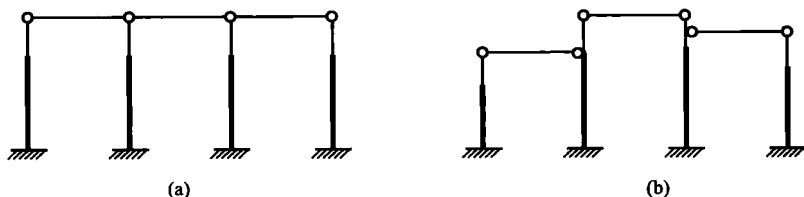


图 1.14

6) 组合结构

组合结构是一种梁与桁架、柱与桁架或刚架与桁架组合在一起的结构, 如图 1.15 所示。图 1.15(a) 为静定结构; 图 1.15(b) 为超静定结构。

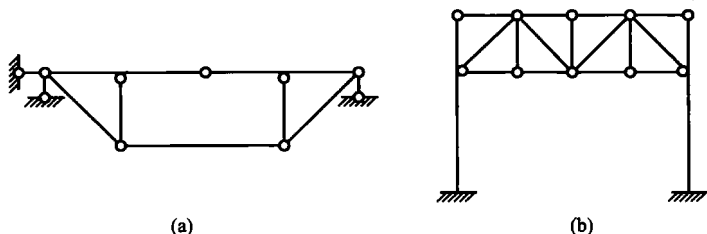


图 1.15

4. 荷载的分类

对结构进行简化时, 还需要明确作用在结构上的荷载类型。

(1) 荷载按其作用时间的长短可分为恒载和活载。

① 恒载是指长期作用在结构上的荷载, 如结构的自重及设备自重等, 其特点是荷载的大小、方向、作用位置不随时间变化。

② 活载是指短时间内作用在结构上的荷载, 如楼板上的人群、屋面上的雪等重力。

(2) 荷载按其作用的范围可分为集中荷载和分布荷载。

① 集中荷载是指作用范围相对于总杆件尺寸较小的荷载, 如次梁对主梁的作用。

② 分布荷载是指作用在一块面积或一段长度范围上的荷载, 如水压力等。

(3) 荷载按其作用的性质可分为静荷载和动荷载。

① 静荷载是指大小、方向和位置不随时间变化或其变化对结构产生惯性力影响可略去的荷载, 如结构的自重、楼板上人群重力等。

② 动荷载是指大小、方向和位置随时间变化且其变化对结构产生惯性力影响不可略去的荷载, 如地震作用等。

(4) 荷载按其作用位置的变化可分为固定荷载和移动荷载。

① 固定荷载是指作用位置不变的荷载, 如结构自重等。

② 移动荷载是指在结构上按一定尺度移动的荷载, 如吊车和汽车的轮压。

1.3 结构力学发展简史

人类在古代就开始制造各种器物,如弓箭、农具、房屋等,这些都是简单的结构。近两千年前的东汉时期,文学家王延寿在《鲁灵光殿赋》中描述灵光殿“于是详察其栋宇,观其结构”首次出现了“结构”一词。在以钢、混凝土为主要建筑材料之前,较长的时期里土木工程的结构是以石、木、砖为建筑材料的。西方各国多以石料、混凝土作建筑材料,而东方各国多以砖、木为建筑材料。由于木结构不耐火,也不耐腐蚀,所以,我国留存的古建筑数量很少。随着社会的进步,人们对于结构设计的规律以及结构的强度和刚度逐渐有了认识,并且积累了经验,这表现在古代建筑的辉煌成就中,如埃及的金字塔,中国的万里长城、赵州桥、故宫等。尽管这些结构中隐含有诸多的力学知识,但那时并没有形成一门学科。

结构力学是与近代的理论力学、材料力学同时发展起来的。所以结构力学在发展的初期是与理论力学和材料力学融合在一起的。到19世纪初,由于工业的发展,人们开始设计各种大规模的工程结构,从19世纪30年代起,由于要建造通行火车的铁路桥梁,不仅需要考虑桥梁承受静载荷的问题,还必须考虑承受动载荷的问题,又由于桥梁跨度的增长,出现了金属桁架结构。19世纪中叶之后,炼钢技术得到普及,于是在结构上普遍采用钢铁结构。1846年英国在北威尔士建成布瑞塔尼亚铁路大桥,1873年英国伦敦建成跨泰晤士河的阿尔伯特吊桥,最大跨度384英尺(1英尺=0.3048米)。对于这些结构的设计,需要进行较精确的分析和计算。因此,工程结构的分析理论和分析方法开始建立起来。1826年,法国的纳维尔对于连续梁的理论提出了求解静不定结构问题的一般方法。19世纪中叶出现了许多结构力学的计算方法和理论,从1847年开始的数十年间,学者们应用图解法、解析法等来研究静定桁架结构的受力分析,这奠定了桁架理论的基础。1864年,英国的麦克斯韦用作图的方式求解桁架的内力,创立单位载荷法和位移互等定理,并用单位载荷法求出桁架的位移。在1875年,意大利工程师卡斯蒂利亚诺发表关于单位荷载法的论文。力法是19世纪末建立起来的,工程师们终于找到了了解超静定结构的方法,结构力学逐渐发展成为一门独立的学科。

基本理论建立后,在解决原有结构问题的同时,还不断发展新型结构及其相应的理论。19世纪末到20世纪初,学者们对船舶结构进行了大量的力学研究,并研究了可动载荷下的梁的动力学理论以及自由振动和受迫振动方面的问题。

20世纪初,航空工程的发展促进了对薄壁结构和加劲板壳的应力和变形分析,以及对稳定性问题的研究。同时桥梁和建筑开始大量使用钢筋混凝土材料,这就要求科学家们对刚架结构进行系统的研究。1914年,德国的本迪克森创立了转角位移法,用以解决刚架和连续梁等问题。随后,一些科学家陆续创建了一些对超静定杆系结构的简易计算方法,如1924年维列沙金在莫斯科铁路运输学院读书时提出的图乘法、1925年林同炎提出的力矩分配法,使得普通的设计人员都可以很容易地计算较复杂的超静定杆系结构。

到了20世纪20年代,人们又提出了蜂窝夹层结构的设想。根据结构的“极限状态”这一概念,科学家得出了弹性地基梁、板及刚架的设计计算新理论。对承受各种动载荷(特别是地震作用)的结构的力学问题,科学家也在实验和理论方面做了许多研究工作。随着结构

力学的发展,疲劳问题、断裂问题和复合材料结构问题先后进入结构力学的研究领域。

20 世纪 50 年代,电子计算机和有限元法的问世使得大型结构的复杂计算成为可能,计算力学作为力学的一个独立的分支学科,从而将结构力学的研究和应用水平提到了一个新的高度。

1.4 结构力学的重要性及学习方法

学习结构力学课程之前,需掌握的专业基础课程有理论力学和材料力学,之后,将学习弹性力学、钢筋混凝土结构、钢结构、建筑抗震等课程。从课程的设置上可以认识到,结构力学课程在土木工程专业中占有重要地位。

另外,从“结构是建筑物和工程设施中承受和传递荷载,起到骨架作用”的描述中可以看出,结构在所有土木工程设施中都是无处不在的。而土木工程中的桥梁、道路、建筑、水力等专业,都是直接构筑在结构力学之上的。

力学是一个完整的知识体系,其基本部分是理论力学、材料力学、结构力学、弹性力学。一般地,学习土木工程专业的人习惯将理论力学、材料力学和结构力学并称为“三大力学”,其中理论力学主要研究物体机械运动的基本规律,材料力学和结构力学主要研究构件及结构的强度、刚度、稳定性和动力反应等问题。其中材料力学是以单个杆件为研究对象的,而结构力学是以杆件结构为主要研究对象的。

结构力学的学习主要体现在对下述四个“能力”的培养和提高上。

1. 分析能力

这种能力包括对实际结构进行分析、简化,确定其计算简图;分析结构的组成规律,确定其是否为静定结构或为超静定结构;结构内力计算方法的选择。分析能力和下面介绍的计算能力是相辅相成的。

2. 计算能力

这种能力包括对各种结构进行计算的能力;对计算结果进行定量校核或定性判断的能力;初步具有应用结构计算程序进行电算的能力。不会计算,也就不会校核;不会手算,则电算也是盲目的。对计算结果进行校核和定性判断,要求能会用另一种计算方法来校核和用简略的方法判定计算结果是否在合理范围之内,这就要计算者掌握结构力学的多种计算方法和近似算法,并能灵活运用。应用计算程序进行电算的能力在今后的工作中十分重要——不会电算就无法计算大型的工程结构问题,也就无法提高计算效率。

做题练习是保证分析能力和计算能力提高的重要环节。不做一定数量的习题,很难对结构力学的基本概念和方法有深入的理解,也很难培养良好的计算能力。

做题练习时要先看书、复习,在理解的基础上做题,通过做题巩固和加深理解。

对习题要反复研究和练习,一道题要尝试用多种方法去求解,这比用一种方法做多道题会更有收获。

对于计算结果不能只对照答案,而不去判断。要养成自行校核的好习惯。在实际工作中,计算人员要对自己算出来的计算结果负责,这是一个优秀工程师所应具有的基本修养。

做错了的题目要及时改正并反思错误的原因,这也是一个非常好的学习机会。