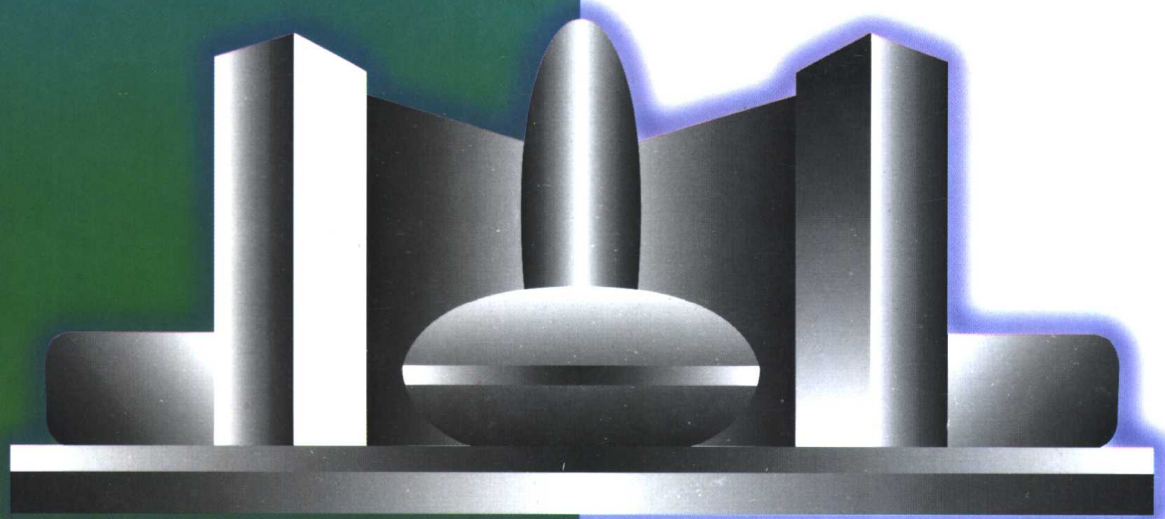


高等 专科学校
高等 职业技术学院
房屋建筑工程专业新编系列教材

建筑力学

胡兴国
张流芳
主编

武汉理工大学出版社



高等专科学校
高等职业技术学院

房屋建筑工程专业新编系列教材

建筑力学

主编 胡兴国 张流芳

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

【内容提要】

本教材根据土木建筑类高等职业技术教育的教学基本要求编写,涵盖了建筑力学的主要内容。全书共15章,内容分为绪论、静力学基础知识、平面任意力系、空间任意力系、截面的几何参数、内力及内力图、杆件的应力和强度计算、杆件变形和刚度校核、轴心压杆的稳定性校核、静定结构的位移计算、力法、位移法、力矩分配法、影响线、其它问题简介。每章有本章提要、本章小结、思考题和习题。

本书除作为高等专科学校、高等职业技术学院土建类专业教材外,也可供土建工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/胡兴国,张流芳主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2003.12
ISBN 7-5629-2025-7

I. 建…

II. ① 胡… ② 张…

III. 建筑力学-高等学校-专业学校-教材

IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 113926 号

武汉理工大学出版社出版发行

各地新华书店经销

武汉理工大印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:22.5 字数:580千字

2003年12月第1版 2003年12月第1次印刷

印数:1~3000册 定价:28.00元

全国建筑高等专科学校

房屋建筑工程专业新编系列教材

编 审 委 员 会

顾 问:滕智明 李少甫 甘绍熹 罗福午

陈希天 卢 循

主 任:齐继禄 袁海庆

副主任(按姓氏笔划排列)

李生平 孙成林 张协奎 张建勋

武育秦 侯治国 胡兴国 廖代广

委 员(按姓氏笔划排列)

甘绍熹 乐荷卿 孙成林 齐继禄

卢 循 李少甫 李生平 张协奎

张建勋 张流芳 陈书申 陈希天

武育秦 陈晓平 周绥平 罗福午

胡兴国 侯治国 袁海庆 高琼英

舒秋华 董卫华 简洪钰 廖代广

滕智明 蔡德明 蔡雪峰 聂旭英

魏万德

秘书长:蔡德明

出版说明

武汉理工大学出版社(原武汉工业大学出版社)组织编写的“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材”在全国使用已经四年了。经过全体编审、出版人员的共同努力和广大用户的热情关怀,这套教材较好地实现了编委会预定的目标。四年中,全套教材平均每本发行量达到了8万册,其中最高的已达到12万册;使用的地域遍及祖国大陆,使用对象的类型包括高等专科、成人教育、电大、函大、自考和新的高等职业教育等。使用学校师生反馈的信息表明,编委会力求达到的“统一性、创新性、普适性和持久性”等特点,在教材的编写、编辑、出版和发行中得到了很好的体现,用各种标准来衡量,这都是一套成功的系列教材。

四年中,随着世纪的交替,我国的高等教育正在经历重大的变革。随着大学学科、专业的调整,高等学校的转制、重组,我国高等专科学校的队伍发生了很大的变化。特别是为适应社会主义市场经济和国民经济建设对人才的需求,在政府教育主管部门的政策引导下,高等职业技术教育得到了很大的发展。另外,与房屋建筑工程专业的教材内容密不可分的各种国家建筑规范正在修改,新规范2002年即将颁行。这些都对本套教材提出了修订的要求。为此,编委会经过认真研讨,决定全面修订、出版系列教材的第二版。

在全套教材第二版的修订过程中,编委会确定了如下原则:

1. 在第一版基础上,根据使用教师、学生反馈的意见,全面修订。
2. 教材内容上尽量体现最近四年里国内外建筑技术、工艺、材料的新发展、新成果。
3. 教材中凡涉及到国家建筑规范及其他部门规范、标准的,一律按最新规范、标准编写。
4. 除了保持第一版的统一性、创新性之外,特别注意教材的普适性。为适应高等专科教育改革的要求和针对高等职业教育的特点,修订中要更加强调教材的实践性。修订后的教材冠名为“高等专科学校、高等职业技术学院房屋建筑工程专业新编系列教材”。

第二版的出版正是体现了编委会提出的“持久性”原则。本套教材经过全面修订,必将焕发新的生机和活力。今后,随着我国建筑教育事业的进步和发展,我们的教材也将与时俱进,保持同步发展,及时修订,推出更新的版本。我们再次诚挚地希望广大读者对教材提出批评和建议。

武汉理工大学出版社

2001.10

前 言

本教材根据土木建筑类高等职业技术教育的教学基本要求编写。为适应高等职业技术教育迅猛发展的需要,并结合高等职业技术教育的特点,本书将《理论力学》、《材料力学》、《结构力学》的基本内容整合为《建筑力学》一书。

结合高等职业技术教育的实际,本教材编写内容包括绪论、静力学基础知识、平面任意力系、空间任意力系、截面的几何参数、内力及内力图、杆件的应力和强度计算、杆件变形和刚度校核、轴心压杆的稳定性校核、静定结构的位移计算、力法、位移法、力矩分配法、影响线及其它问题简介。全书共分 15 章,教学时数 140 学时左右。

为了给专业学习打好力学基础,本教材涵盖了建筑力学的主要内容。本着“够用为度”的原则,重点放在了建筑工程相关专业所需的力学概念、力学基础和必要的力学计算方法上。在保证建筑力学知识的完整性和系统性的前提下,内容作了相应的取舍,并适当降低了难度。对高等职业技术教育可不作为重点的力学问题,在最后一章作了简要介绍。为了有机整合,全书章节及其构成内容作了一定的调整,尽量做到由浅入深,通俗易懂,利于教学,便于自学。

本书由武汉大学胡兴国和湖南城建高等专科学校张流芳主编。第 1、10、11、12、13、14、15 章由胡兴国编写;第 2、3、4、5、6、7、8、9 章由张流芳编写。

本书难免有不足之处,热忱欢迎批评指正。

编 者

2003 年 6 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 建筑力学的研究对象和任务	(1)
1.1.1 建筑力学的研究对象	(1)
1.1.2 建筑力学的基本任务	(3)
1.2 变形固体及其基本假设	(4)
1.3 结构的计算简图	(5)
1.3.1 确定计算简图的原则	(5)
1.3.2 平面杆件结构的简化	(5)
1.4 平面杆件结构和荷载的分类	(8)
1.4.1 平面杆件结构的分类	(8)
1.4.2 荷载的分类	(9)
1.5 平面体系的几何组成分析	(10)
1.5.1 几何组成分析的目的	(10)
1.5.2 几何不变体系的组成规则	(11)
1.5.3 杆件结构的几何组成	(12)
本章小结	(13)
习题	(13)
2 静力学基础知识	(15)
2.1 力及力系的基本知识	(15)
2.1.1 力的三要素	(15)
2.1.2 力偶及力偶矩	(16)
2.1.3 分布力集度	(16)
2.1.4 力系	(17)
2.2 静力学公理	(17)
2.2.1 公理 1	(18)
2.2.2 公理 2	(18)
2.2.3 公理 3	(19)
2.2.4 公理 4	(19)
2.2.5 几个推论	(20)
2.3 约束及约束反力	(21)
2.4 受力图	(23)
本章小结	(28)
复习思考题	(28)
习题	(29)

3 平面任意力系	(31)
3.1 力的投影、力对点的矩	(31)
3.1.1 力在坐标轴上的投影.....	(31)
3.1.2 投影与分力的比较.....	(31)
3.1.3 力对点的矩.....	(32)
3.1.4 力矩与力偶矩的比较.....	(32)
3.2 平面任意力系的简化.....	(33)
3.2.1 力的平移定理.....	(33)
3.2.2 平面任意力系向作用面内任一点简化.....	(33)
3.2.3 平面任意力系简化的最后结果.....	(34)
3.3 合力投影定理、合力矩定理	(35)
3.3.1 合力投影定理.....	(35)
3.3.2 合力矩定理.....	(36)
3.3.3 平面平行力系的合力.....	(36)
3.4 平面任意力系的平衡条件.....	(38)
3.4.1 平衡方程的基本式.....	(38)
3.4.2 平衡方程的二力矩式和三力矩式.....	(39)
3.4.3 静定和超静定的概念.....	(40)
3.4.4 平面任意力系的特殊形式.....	(40)
3.4.5 解题一般步骤及注意点.....	(41)
本章小结	(47)
复习思考题	(49)
习题	(49)
4 空间任意力系	(53)
4.1 力的分解、力的投影、力对轴的矩.....	(53)
4.1.1 已知力 F	(53)
4.1.2 力的分解.....	(53)
4.1.3 力在坐标轴上的投影.....	(54)
4.1.4 力对坐标轴的矩.....	(55)
4.2 空间任意力系的平衡条件.....	(57)
4.2.1 合力投影定理、合力矩定理	(57)
4.2.2 空间任意力系的平衡条件.....	(57)
4.2.3 约束和约束反力.....	(58)
4.3 物体的重心.....	(60)
本章小结	(62)
复习思考题	(62)
习题	(62)
5 截面的几何参数	(65)
5.1 截面的形心位置和面积矩.....	(65)

5.1.1	截面的形心位置	(65)
5.1.2	面积矩	(66)
5.2	惯性矩、极惯性矩、惯性积、惯性半径	(66)
5.2.1	惯性矩	(66)
5.2.2	极惯性矩	(67)
5.2.3	惯性积	(67)
5.2.4	惯性半径	(67)
5.2.5	组合图形的几何参数	(67)
5.3	平行移轴公式	(70)
5.4	形心主惯性轴、形心主惯性矩	(72)
5.4.1	形心主惯性轴	(72)
5.4.2	形心主惯性矩	(73)
5.4.3	形心主惯性平面	(73)
	本章小结	(73)
	复习思考题	(75)
	习题	(75)
6	内力及内力图	(78)
6.1	内力的概念	(78)
6.2	轴心拉压杆的内力及内力图	(80)
6.2.1	受力变形特点	(80)
6.2.2	用截面法求轴心拉压杆的内力	(80)
6.2.3	轴心拉压杆的内力图	(81)
6.3	扭转轴的内力及内力图	(83)
6.3.1	受力变形特点	(83)
6.3.2	外力偶的换算公式	(83)
6.3.3	用截面法求扭转轴的内力	(84)
6.3.4	扭转轴的内力图	(85)
6.4	平面弯曲梁的内力及内力图	(86)
6.4.1	受力变形特点	(86)
6.4.2	梁的计算简图	(87)
6.4.3	静定梁的三种基本形式	(87)
6.4.4	用截面法求平面弯曲梁的内力——剪力和弯矩	(88)
6.4.5	用写方程法作梁的内力图	(91)
6.4.6	分布荷载集度、剪力和弯矩三者之间的微分关系	(96)
6.4.7	用区段叠加法作梁的内力图	(97)
6.5	组合变形构件的内力及内力图	(102)
6.5.1	组合变形构件的内力及内力图	(102)
6.5.2	双向弯曲	(103)
6.5.3	拉压弯组合	(104)

6.5.4	弯扭组合	(106)
6.6	多跨静定梁、斜梁的内力及内力图	(107)
6.6.1	多跨静定梁	(107)
6.6.2	斜梁	(109)
6.7	静定平面刚架的内力及内力图	(111)
6.8	静定平面桁架的内力及内力图	(115)
* 6.9	静定组合结构的内力及内力图	(119)
* 6.10	静定拱的内力	(121)
	本章小结	(123)
	复习思考题	(124)
	习题	(125)
7	应力和变形	(134)
7.1	轴心拉压杆的应力和变形	(134)
7.1.1	截面上一点处的应力	(134)
7.1.2	轴心拉压杆横截面上的应力	(135)
7.1.3	危险截面及危险点	(135)
7.1.4	构件上一点处的应变	(137)
7.1.5	轴心拉压杆的应变与变形	(138)
7.2	扭转轴的应力和变形	(141)
7.2.1	剪应力双生互等定理、剪切虎克定律	(141)
7.2.2	圆截面扭转轴横截面上的应力	(141)
7.2.3	空心圆截面轴的应力	(143)
7.2.4	圆截面及空心圆截面扭转轴的变形	(144)
7.2.5	矩形截面扭转轴的应力和变形	(145)
7.3	平面弯曲梁的应力	(147)
7.3.1	纯弯曲梁横截面上的正应力	(147)
7.3.2	横力弯曲梁的正应力	(150)
7.3.3	横力弯曲梁横截面上的剪应力	(152)
7.3.4	平面弯曲梁的危险截面及危险点	(154)
7.4	平面弯曲梁的变形	(157)
7.4.1	平面弯曲梁的变形	(157)
7.4.2	梁的挠曲线近似微分方程	(157)
7.4.3	用积分法求梁的转角和挠度	(158)
7.4.4	简单荷载作用下梁的挠度和转角	(160)
7.5	组合变形构件的应力	(161)
7.5.1	双向弯曲	(161)
7.5.2	拉压弯组合	(164)
7.5.3	弯扭组合	(167)
7.5.4	开口薄壁截面的弯曲中心	(169)

本章小结·····	(170)
复习思考题·····	(173)
习题·····	(174)
8 强度计算和刚度计算 ·····	(180)
8.1 材料的力学性能 ·····	(180)
8.1.1 低碳钢的单向拉、压试验·····	(180)
8.1.2 铸铁的单向拉、压试验·····	(181)
8.1.3 材料在单向拉、压时的力学性能·····	(182)
8.2 构件的强度条件和刚度条件 ·····	(183)
8.2.1 构件的强度条件 ·····	(183)
8.2.2 构件的刚度条件 ·····	(183)
8.3 轴心拉压杆的强度计算 ·····	(184)
8.3.1 轴心拉压杆的强度条件 ·····	(184)
8.3.2 强度计算问题的三种类型 ·····	(184)
8.4 扭转轴的强度计算和刚度计算 ·····	(186)
8.5 平面弯曲梁的强度计算和刚度计算 ·····	(188)
8.5.1 强度条件 ·····	(188)
8.5.2 刚度条件 ·····	(189)
8.6 组合变形构件的强度计算 ·····	(194)
本章小结·····	(198)
复习思考题·····	(199)
习题·····	(199)
9 轴心压杆的稳定性计算 ·····	(204)
9.1 轴心压杆稳定性的概念 ·····	(204)
9.1.1 轴心压杆稳定性的概念 ·····	(204)
9.1.2 实际的轴心压杆 ·····	(205)
9.2 欧拉公式和抛物线公式 ·····	(205)
9.2.1 两端铰支细长压杆的临界力 ·····	(205)
9.2.2 各种杆端约束情况下的临界力 ·····	(206)
9.2.3 临界应力和柔度 ·····	(207)
9.2.4 欧拉公式的适用范围 ·····	(208)
9.2.5 抛物线公式 ·····	(208)
9.3 压杆的稳定性校核 ·····	(211)
9.3.1 折减系数 φ ·····	(211)
9.3.2 轴心压杆的稳定性条件 ·····	(212)
本章小结·····	(216)
复习思考题·····	(216)
习题·····	(217)
10 静定结构的位移计算 ·····	(219)

10.1	概述	(219)
10.1.1	杆系结构的位移	(219)
10.1.2	计算位移的目的	(220)
10.2	虚功原理	(220)
10.2.1	虚功的概念	(220)
10.2.2	虚功原理	(222)
10.3	结构位移计算的一般公式	(222)
10.4	静定结构在荷载作用下的位移计算	(224)
10.5	图乘法	(227)
10.6	静定结构由于支座位移、温度改变所引起的位移	(232)
10.6.1	由于支座位移所引起的位移	(232)
10.6.2	由于温度改变所引起的位移	(232)
10.7	互等定理	(235)
10.7.1	功的互等定理	(235)
10.7.2	位移互等定理	(235)
10.7.3	反力互等定理	(236)
	本章小结	(237)
	复习思考题	(238)
	习题	(238)
11	力法	(241)
11.1	超静定结构的概念	(241)
11.2	力法的基本原理	(242)
11.2.1	力法的基本结构	(242)
11.2.2	力法的基本未知量	(242)
11.2.3	力法的基本方程	(243)
11.3	超静定次数的确定与基本结构	(244)
11.4	力法典型方程	(247)
11.5	力法的计算步骤和举例	(248)
11.5.1	超静定刚架	(249)
11.5.2	超静定桁架	(252)
11.5.3	铰接排架	(253)
11.6	超静定结构的位移计算	(255)
11.7	超静定结构最后内力图的校核	(256)
11.7.1	平衡条件的校核	(256)
11.7.2	位移条件的校核	(257)
11.8	温度改变时超静定结构的计算	(258)
11.9	支座位移时超静定结构的计算	(261)
11.10	超静定结构的特性	(264)
	本章小结	(265)

复习思考题	(266)
习题	(266)
12 位移法	(269)
12.1 位移法的基本概念	(269)
12.1.1 概述	(269)
12.1.2 位移法的基本思路	(269)
12.2 位移法的基本未知量及基本结构	(271)
12.2.1 基本未知量的确定	(271)
12.2.2 位移法的基本结构	(272)
12.3 等截面直杆的计算	(273)
12.3.1 固端力	(273)
12.3.2 刚度方程	(274)
12.3.3 等截面杆转角位移方程	(276)
12.4 位移法典型方程	(278)
12.5 应用结点和截面平衡方程式计算超静定结构	(282)
本章小结	(286)
复习思考题	(287)
习题	(287)
13 力矩分配法	(289)
13.1 力矩分配法的基本概念	(289)
13.1.1 名词解释	(289)
13.1.2 力矩分配法的基本概念	(291)
13.2 用力矩分配法计算多结点连续梁和无侧移刚架	(295)
本章小结	(301)
复习思考题	(301)
习题	(301)
14 影响线	(303)
14.1 影响线的概念	(303)
14.2 用静力法作静定梁的影响线	(304)
14.2.1 反力影响线	(304)
14.2.2 剪力影响线	(305)
14.2.3 弯矩影响线	(306)
14.3 用机动法作静定梁的影响线	(308)
14.4 影响线的应用	(310)
14.4.1 求各种荷载作用下的影响线	(310)
14.4.2 最不利荷载位置的确定	(311)
14.5 简支梁的内力包络图和绝对最大弯矩	(315)
14.5.1 简支梁的内力包络图	(315)
14.5.2 简支梁的绝对最大弯矩	(315)

本章小结..... (319)

复习思考题..... (320)

习题..... (320)

15 其它问题简介..... (322)

15.1 对称结构的计算..... (322)

15.1.1 对称结构及其特性..... (322)

15.1.2 力法计算对称的超静定结构..... (323)

15.1.3 位移法计算对称的超静定结构..... (325)

15.2 矩阵位移法..... (326)

15.2.1 局部坐标系下的单元刚度矩阵..... (326)

15.2.2 整体坐标系下的单元刚度矩阵..... (329)

15.2.3 用先处理法建立结构刚度矩阵..... (331)

15.2.4 矩阵位移法计算刚架举例..... (333)

15.3 建筑结构的电算方法..... (337)

15.3.1 数据的输入..... (337)

15.3.2 单元定位向量与结构刚度矩阵的存贮..... (338)

15.3.3 结构刚度方程的求解..... (340)

15.3.4 总框图..... (341)

15.4 结构的动力计算..... (341)

参考文献..... (343)

1 绪 论

本章提要

本章介绍建筑力学的研究对象与基本任务;重点讨论建筑结构的计算简图、变形体的基本假设和杆系结构分类和荷载分类,以及杆件体系的几何组成分析。杆件体系的几何组成分析是本章的难点。

人们在生产和生活中,需要建造各种各样的建筑物或构筑物。这些建筑物或构筑物既要满足使用功能的需要,同时也要满足安全与经济上的需要。因此,在对建筑物和构筑物进行结构设计时,必须把力学的分析与计算放在十分重要的地位。建筑力学就是研究建筑物和构筑物设计中有关力学分析与计算问题的一门课程。

1.1 建筑力学的研究对象和任务

1.1.1 建筑力学的研究对象

在土木工程中,由建筑材料按照一定的方式构成,并能承受荷载作用的物体或体系称为工程结构(简称结构)。结构在建筑物中起着承受和传递荷载的骨架作用,如单层工业厂房的基础、柱、屋架(梁)通过相互联结而构成厂房的骨架(如图 1.1)。又如民用建筑中的框架,公路与铁路工程中的桥梁以及挡土墙、水坝等,也是结构的实际例子。结构一般是由多个构件联结而成,如桁架、框架等。最简单的结构则是单个构件,如单跨梁、独立柱等。

按照几何观点,结构可以分为杆件结构、薄壁结构和实体结构三种类型。杆件的几何特征在于长度远大于截面的宽度和高度。由若干杆件组成的结构即为杆件结构(图 1.1)。薄壁结构是指其厚度远小于其它两个尺度的结构。平板状的薄壁结构称为薄板;由若干块薄板可组成各种薄壁结构[图 1.2(a)、(b) 中的屋面]。具有曲面外形的薄壁结构称为薄壳[图 1.2(c) 中屋面]。实体结构是指它的三个方向的尺度大约为同一量级的结构,例如挡土墙、块式基础[图 1.3(a)、(b)] 等。

根据上述分析,我们可以说,建筑力学的主要研究对象,就是上述四种基本构件以及由它们所组成的构件系统。但本书只以杆件及杆系结构为研究对象。

在工程实际中,杆可能受到各种各样的外力作用,因此杆的变形也是多种多样的。但是这些变形总不外乎是以下四种基本变形中的一种,或者是它们中几种的组合。

- (1) 拉伸或压缩 这种变形是由作用线与杆轴线重合的外力所引起的[图 1.4(a)、(b)]。
- (2) 剪切 这种变形是由一对相距很近、方向相反的横向外力所引起的[图 1.4(c)]。
- (3) 弯曲 这种变形是由一对方向相反、作用在杆的纵向平面内的力偶所引起的[图

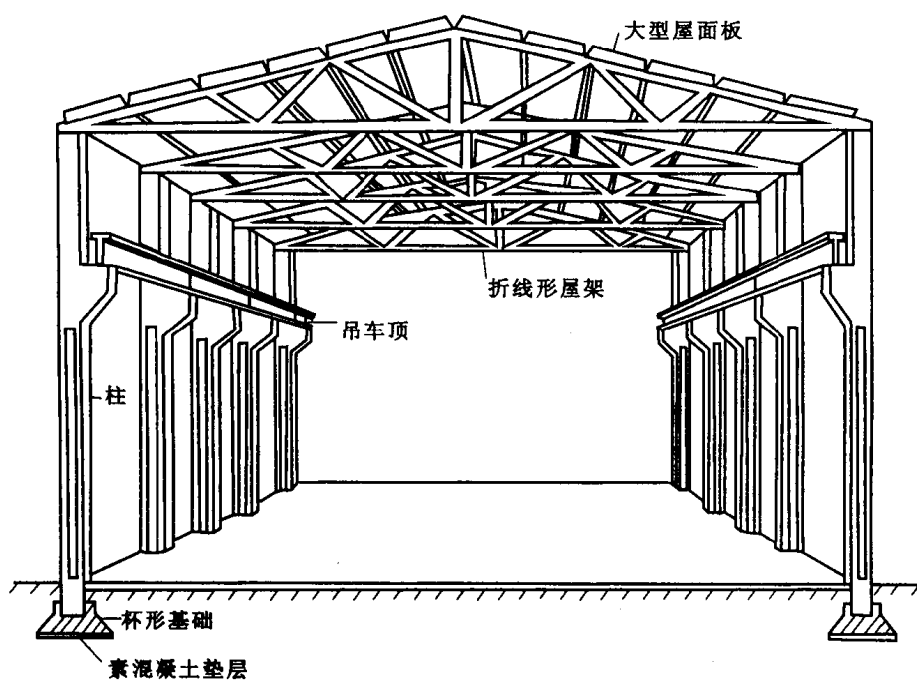
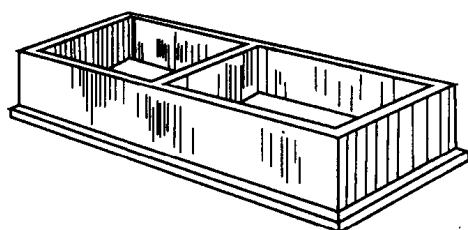
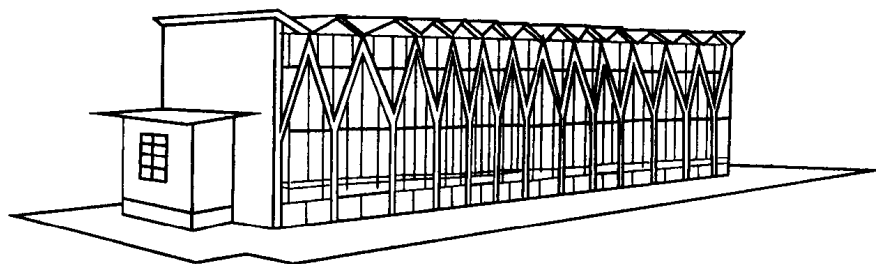


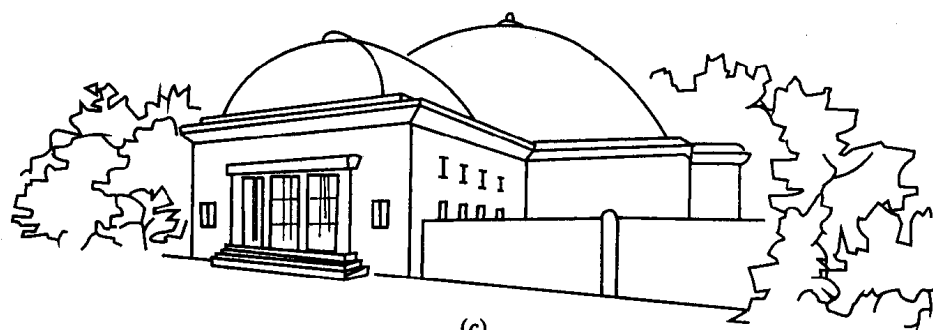
图 1.1



(a)



(b)



(c)

图 1.2

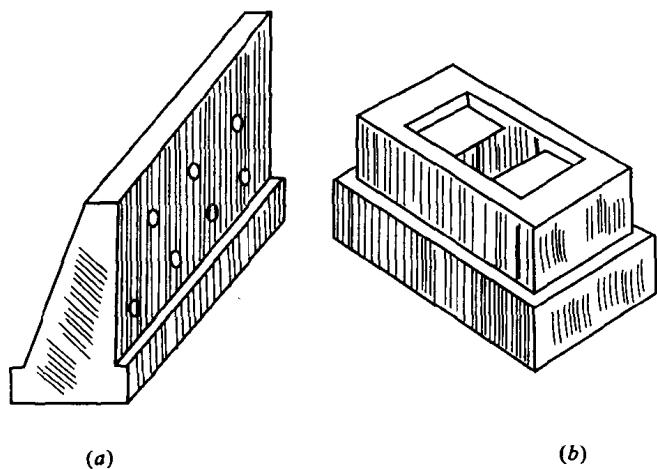


图 1.3

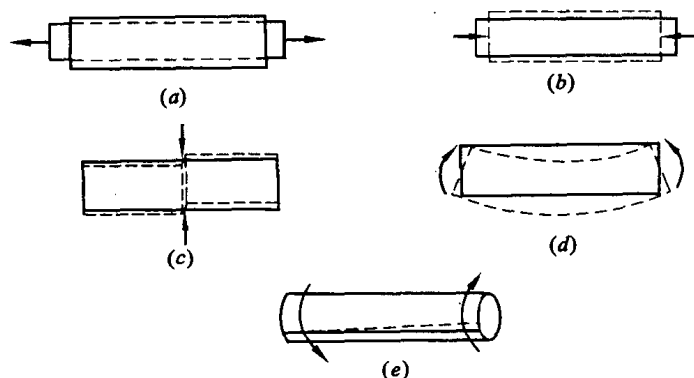


图 1.4

(a) 拉伸; (b) 压缩; (c) 剪切; (d) 弯曲; (e) 扭转

1.4(d)]。

(4) 扭转 这种变形是由一对转向相反、作用在垂直于杆轴线的两个平面内的力偶所引起的[图 1.4(e)]。

在本书中,将先研究杆变形的四种基本形式,然后再研究杆的几种组合变形。

1.1.2 建筑力学的基本任务

我们知道,构件和结构的主要作用是承受和传递荷载。由于荷载的作用,构件产生变形,并且存在着发生破坏的可能性。但是构件本身具有一定的抵抗变形和破坏的能力,即有一定的承载能力,其承载能力的大小与构件的材料性质、几何形状和尺寸、受力性质、工作条件以及构造情况等有关。构件所受的荷载与构件本身的承载能力是一对矛盾。在工程实际中,这个基本矛盾可能表现为以下三个方面:

(1) 构件在荷载作用下发生破坏。例如,当吊车起吊重物时,吊车梁可能被弯曲断裂。因此,在设计任何构件时,都要首先保证它在荷载作用下不会发生破坏,也就是说,构件必须有足够的强度。这时基本矛盾表现为强度问题。

(2) 在荷载作用下,构件虽然有足够强度不致发生破坏,但如果产生的变形过大,也会影响它的正常使用。例如,吊车梁的变形如果超过一定的限度,吊车就不能在它上面正常地行驶。