



建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材
高等职业教育规划教材

建筑工程基础 (二)

赵萍 王志清 主编



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材
高等职业教育规划教材

建筑工程基础(二)

主 编 赵 萍 王志清
参 编 沈丽虹 马晓建 王禾稼
主 审 杨力彬



机械工业出版社

本书按照教育部、建设部联合发布的《高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》的相关要求编写而成。全书综合了建筑结构、工程力学、结构设计基本原理的相关知识，并使之融会贯通，自成体系。全书主要内容包括：概述，建筑结构的模型和受力分析，工程力学的基础知识，构件的内力计算，构件的应力、变形和稳定计算，建筑结构设计基本原理，力学实验等。各单元均有单元概述、学习目标、单元小结、复习思考题或实训练习题。

本书可作为高等职业院校建筑工程技术专业及相关建筑类专业的教材，也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程基础(二)/赵萍,王志清主编. —北京:机械工业出版社, 2006.7

建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

高等职业教育规划教材

ISBN 7-111-19677-5

I. 建... II. ①赵... ②王... III. 建筑工程—高等学校: 技术学校—教材 IV. TU

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第085942号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:李俊玲 责任编辑:覃密道 版式设计:霍永明

责任校对:刘志文 封面设计:张静 责任印制:李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2006年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·12.75印张·312千字

0001—4000册

定价:19.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)88379540

封面无防伪标均为盗版

出版说明

2004年10月,教育部、建设部发布了《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》,并组织制定了《高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》(以下简称《指导方案》),对建筑(市政)工程技术、建筑装饰工程技术、建筑设备工程技术和楼宇智能化工程技术四个专业的培养目标与规格、教学与训练项目、实验实习设备条件等提出了具体要求。

为了配合《指导方案》的实施,我社专门组织召开了研讨会,对指导方案进行了认真讨论,在此基础上,结合各院校教学实际,组织了部分承担建设行业技能型紧缺人才培养培训任务的职业院校和合作企业的人员,联合编写了“建设行业技能型紧缺人才培养培训工程系列教材”。本系列教材包括建筑工程技术、建筑装饰工程技术、建筑设备工程技术、楼宇智能化工程技术四个专业,将分期分批出版。

由于“技能型紧缺人才培养培训工程”是一个新生事物,各院校在实施过程中也在不断摸索、总结、调整,我们会密切关注各院校的实施情况,及时收集反馈信息,并不断补充、修订、完善本系列教材,也恳请各用书院校及时将使用本系列教材的意见和建议反馈给我们,以使本系列教材日臻完善。

机械工业出版社

前 言

建筑工程基础为建筑工程技术专业必修的核心教学与训练项目之一。它是建筑工程技术专业相关职业岗位群所需的知识和技能。

本书依据教育部、建设部联合发布的《高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》，结合作者多年的教学实践与教改经验编写而成。全书内容综合了建筑结构、工程力学基础和结构设计基本原理等知识，并使之融会贯通，形成了本书目前的体系。

在本书的编写过程中，作者力求体现高职教育的特点，以“必需够用”为原则，强化应用为重点，突出培养学生分析问题和解决问题的能力；尽量做到内容精练，叙述清楚，图文并茂，易教易学。

本书由赵萍、王志清任主编。参加编写的有石家庄职业技术学院赵萍(单元1、单元4、单元6)、山西建筑职业技术学院马晓建(单元2)、山西水利职业技术学院沈丽虹(单元3)、长治职业技术学院王志清和王禾稼(单元5、附录)。山西建筑职业技术学院杨力彬担任本书主审，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足和欠妥之处，真诚地希望广大读者批评指正。

目 录

出版说明

前言

单元 1 概述	1
课题 1 建筑结构的一般概念	1
1.1.1 建筑结构的概念	1
1.1.2 建筑结构的基本构件	1
1.1.3 建筑结构的分类	2
课题 2 力学与建筑	5
1.2.1 力学	5
1.2.2 力学与建筑的相关性	5
课题 3 建筑结构构件的受力状态 [⊖]	6
课题 4 本课程的基本内容及学习方法	7
单元小结	7
复习思考题	8
单元 2 建筑结构的模型和受力分析	9
课题 1 力的概念	9
2.1.1 力的运动效应和变形效应	9
2.1.2 集中力与分布力	9
课题 2 工程中常见的约束和约束力	10
2.2.1 约束和约束力的概念	10
2.2.2 常见的约束和约束力	11
2.2.3 常见的支座和支座反力	12
课题 3 结构的计算简图	14
2.3.1 结构计算简图的简化原则	14
2.3.2 结构计算简图的简化内容	14
课题 4 平面杆件体系的几何组成分析	18
2.4.1 平面体系的自由度	19
2.4.2 几何不变体系的组成规则	20
2.4.3 静定与超静定的概念	24
课题 5 构件和结构的受力图	24
单元小结	27
复习思考题	27

实训练习题	28
单元3 工程力学的基础知识	32
课题1 静力学分析基础	32
3.1.1 静力学公理	32
3.1.2 力的合成与分解	35
3.1.3 力对点的矩	38
3.1.4 力偶	40
课题2 平面力系的平衡问题	42
3.2.1 平面力系的简化	42
3.2.2 平面力系的平衡	46
3.2.3 平面力系的几种特殊情况	50
3.2.4 物体系统的平衡问题	53
课题3 变形固体的基本概念	61
3.3.1 变形固体及其基本假设	61
3.3.2 杆件的基本变形	61
3.3.3 内力、应力、变形的概念	62
3.3.4 强度、刚度和稳定性的概念	65
单元小结	66
复习思考题	67
实训练习题	69
单元4 构件的内力计算	75
课题1 轴心受力构件的内力	75
4.1.1 轴心受力构件实例	75
4.1.2 轴心受力构件的内力	76
4.1.3 静定桁架的内力	78
课题2 受弯构件的内力	86
4.2.1 受弯构件	86
4.2.2 梁的内力	88
4.2.3 梁的内力图	92
4.2.4 斜梁	101
4.2.5 静定平面刚架	103
课题3 偏心受力构件的内力	111
4.3.1 偏心受力构件	111
4.3.2 偏心受力构件的内力图	111
课题4 受扭构件的内力	112
4.4.1 受扭构件	112
4.4.2 受扭构件的内力及内力图	113

单元小结	115
复习思考题	116
实训练习题	119
单元5 构件的应力、变形和稳定计算	126
课题1 轴心受力构件的应力和变形	126
5.1.1 轴心受力构件的应力	126
5.1.2 轴心受力构件的变形	128
5.1.3 材料的力学性能	130
课题2 受弯构件的应力和变形	135
5.2.1 截面的几何性质	135
5.2.2 平面弯曲梁的应力	141
5.2.3 梁的变形	145
5.2.4 梁的主应力和主应力迹线	148
课题3 受扭构件的应力和变形	151
5.3.1 受扭构件的应力	151
5.3.2 受扭构件的变形	152
课题4 压杆稳定	153
5.4.1 压杆稳定的概念	153
5.4.2 压杆的临界力	154
5.4.3 欧拉公式的适用范围	155
5.4.4 压杆稳定条件	157
5.4.5 提高压杆稳定性的措施	159
单元小结	159
复习思考题	161
实训练习题	163
单元6 建筑结构设计基本原理	168
课题1 结构的功能要求和极限状态	168
6.1.1 结构的功能要求	168
6.1.2 结构的极限状态	169
6.1.3 结构的功能函数	170
课题2 结构上的荷载与荷载效应	171
6.2.1 荷载的分类	171
6.2.2 荷载的代表值	171
6.2.3 荷载效应组合	175
课题3 概率极限状态设计法	177
6.3.1 结构的失效概率与可靠指标	177
6.3.2 极限状态实用设计表达式	177

课题4 结构设计的步骤	183
6.4.1 结构模型的建立	183
6.4.2 结构荷载计算	183
6.4.3 构件内力计算和构件选择	184
6.4.4 施工图样的绘制	184
单元小结	184
复习思考题	185
实训练习题	186
附录	187
附录A 材料的拉伸和压缩试验	187
A.1.1 材料的拉伸试验	187
A.1.2 材料的压缩试验	189
附录B 梁的弯曲正应力试验	191
参考文献	194

单元 1 概 述

【单元概述】

本单元主要介绍建筑结构的一般概念与分类、力学与建筑的相关性、建筑结构构件的受力状态、本课程的基本内容及学习方法。

【学习目标】

- 1) 了解建筑结构的分类、建筑结构构件的受力状态。
- 2) 掌握本课程的基本内容及学习方法。

课题 1 建筑结构的一般概念

1.1.1 建筑结构的概念

建筑是供人类生活、生产或从事其他活动的房屋或场所。建筑物中由若干构件连接而能承受“作用”的体系称为建筑结构，通常，它又被称为建筑物的骨架，在不致混淆时可简称为结构，如图 1-1 所示。

结构上的作用系指施加在结构上的荷载(如结构的自重、楼面荷载、风荷载、雪荷载等)，以及温度变化引起的伸缩、地基不均匀沉降、地震等。所有这些作用必须由建筑物的骨架承受并传到地基中去，同时还要保证建筑物能安全可靠地工作。

建筑结构是建筑物的基本组成部分，是建筑物赖以存在的物质基础。

1.1.2 建筑结构的基本构件

建筑结构由不同类型的构件组成，主要是承重构件，还有非承重构件。非承重构件是指主要承受自重的构件。

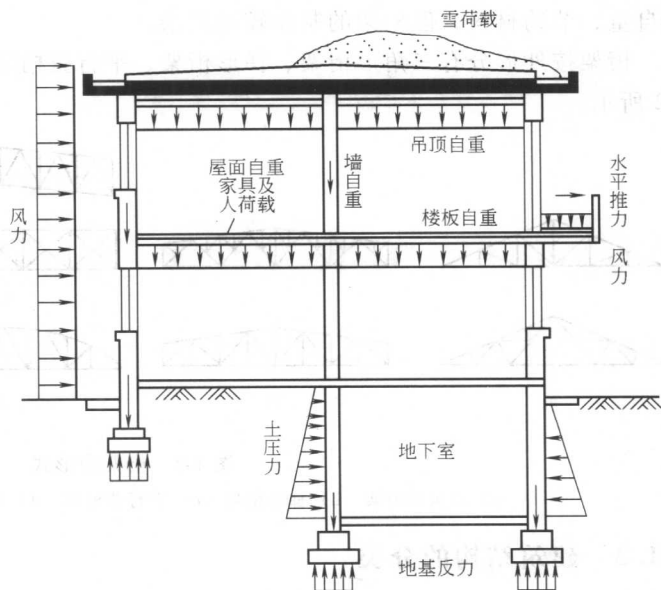


图 1-1 建筑结构

承重构件按其功能可分为三大类:

用于围护和分隔的承重构件,如板、墙等。

用于跨越空间的承重构件,如梁、桁架等。

用于竖向支承的承重构件,如柱、墙等。

由于所处位置、截面受力状态、建筑造型要求等因素的不同,承重构件的截面形状有所不同。建筑结构的基本构件主要有板、梁、柱、墙和桁架五种,有时也采用拱等构件。

1. 板 厚度远远小于平面尺寸长度与宽度的水平承重构件称为板。板主要用于承受板面荷载,如屋面板、楼面板、楼梯板等。

2. 梁 截面高度与宽度尺寸较小、长度尺寸相对较大的构件称为梁。梁通常水平搁置,主要承受垂直于长轴方向的荷载,有时为满足使用要求也有斜向搁置的。如楼盖梁、屋盖梁、吊车梁、墙梁等。

3. 柱 截面的两边尺寸较小、高度尺寸相对较大的构件称为柱。柱主要承受竖向荷载,大部分情况下也承受水平横向荷载,如框架柱、厂房排架柱等。柱是建筑结构中的重要承重构件,柱的破坏将很容易导致建筑物倒塌。

4. 墙 竖向高度和截面的长度均较大,截面厚度相对较小的构件称为墙。墙承受平行于墙面的竖向荷载和垂直于墙面的或平行于墙面的水平荷载。此外墙还有分隔空间、保温、隔热、隔声等功能。

5. 桁架 由上弦杆、下弦杆和腹杆组成的平面或空间承重构件称为桁架。在屋盖中使用时,通常称作屋架,其作用与屋面梁基本相同。当结构跨度较大时,用桁架取代梁可以减轻自重,节约材料,但桁架的制作较梁复杂。

桁架按外形分有三角形桁架、梯形桁架、平行弦桁架、拱形桁架、折线形桁架等,如图1-2所示。

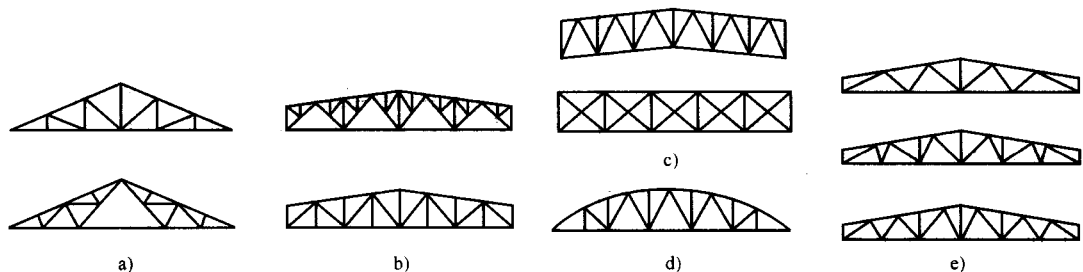


图 1-2 桁架的形式

a) 三角形桁架 b) 梯形桁架 c) 平行弦桁架 d) 拱形桁架 e) 折线形桁架

1.1.3 建筑结构的分类

1.1.3.1 按结构采用的材料分

1. 砌体结构 由块体(砖、石材、砌块)和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构称为砌体结构。

2. 混凝土结构 混凝土结构是以混凝土为主制作的结构,包括钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和素混凝土结构等。其中钢筋混凝土结构应用最为广泛。

3. 钢结构 钢结构是以钢材为主制作的结构。由于钢材的自重轻、弹性好、便于制作和安装,多用于超高层、大跨度的建筑。

1.1.3.2 按承重结构类型分

1. 墙体结构 利用建筑物的墙体作为竖向承重和抵抗水平荷载的结构。墙体同时也作为围护及房间分隔构件。在高层建筑中墙体结构也称为剪力墙结构,如图1-3所示。剪力墙结构主要用于12~30层的住宅和旅馆建筑。它的缺点是空间划分不灵活。

2. 框架结构 框架结构指由梁和柱刚性连接形成骨架的结构,如图1-4所示。它的优点是强度高、自重轻、整体性和抗震性好。因其采用梁柱承重,因此建筑布置灵活,可获得较大的使用空间。使用广泛,主要应用于多层工业厂房、仓库、商场、办公楼等建筑。

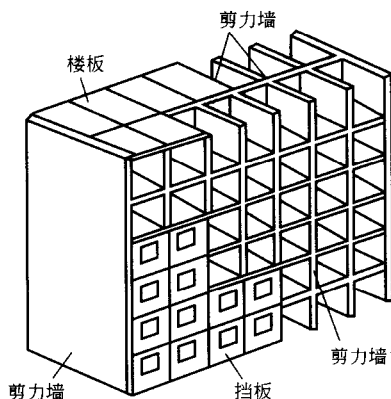


图 1-3 剪力墙结构

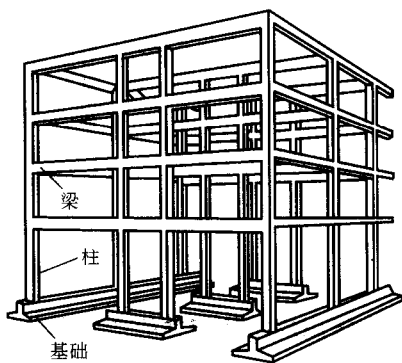


图 1-4 框架结构

3. 框架—剪力墙结构 框架—剪力墙结构是部分为框架结构,部分为剪力墙结构的复合结构体系,如图1-5所示。这种结构体系兼有框架结构和剪力墙结构的优点,布置灵活,使用方便,又具有较大的抗侧移能力和较强的抗震能力,因而广泛应用于高层建筑。

4. 筒体结构 筒体结构利用房间四周墙体形成的封闭筒体(也可利用房屋外围由间距很密的柱和截面很高的梁,组成一个形式上像框架,实质上是一个有许多窗洞的筒体)作为主要抵抗水平荷载的结构,如图1-6所示。

5. 排架结构 排架结构由屋架(或屋面梁)、柱和基础组成,如图1-7所示。屋架与柱顶铰接,柱与基础刚接。排架结构主要用于装配式单层工业厂房。

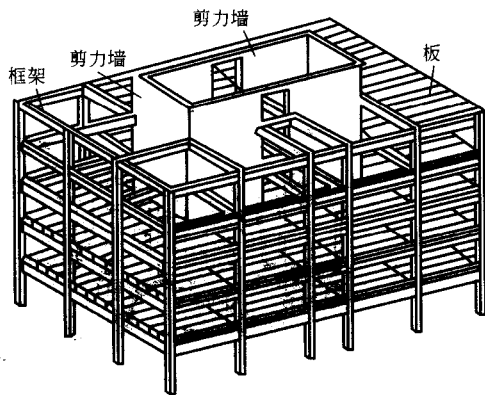


图 1-5 框架—剪力墙结构

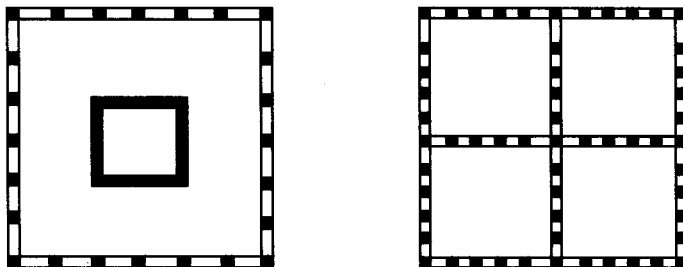


图 1-6 筒体结构

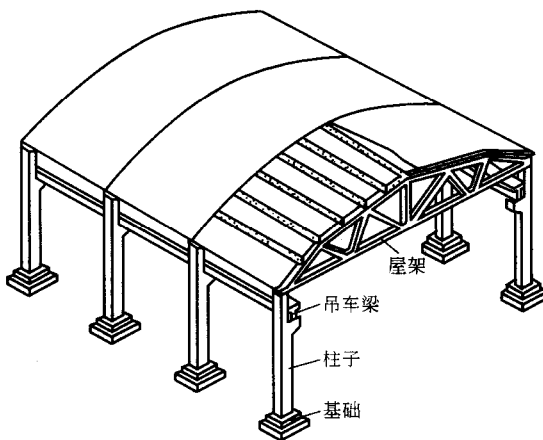


图 1-7 排架结构

1.1.3.3 按组成结构构件的形状和几何尺寸分

1. 杆件结构 杆件结构是由若干杆件组成的结构。杆件的几何特征是横截面尺寸要比长度小得多。例如，框架结构。

2. 薄壁结构 薄壁结构是指厚度远小于长度和宽度的结构。如楼板、薄壳屋面(图 1-8)、折板屋面(图 1-9)、水池等。

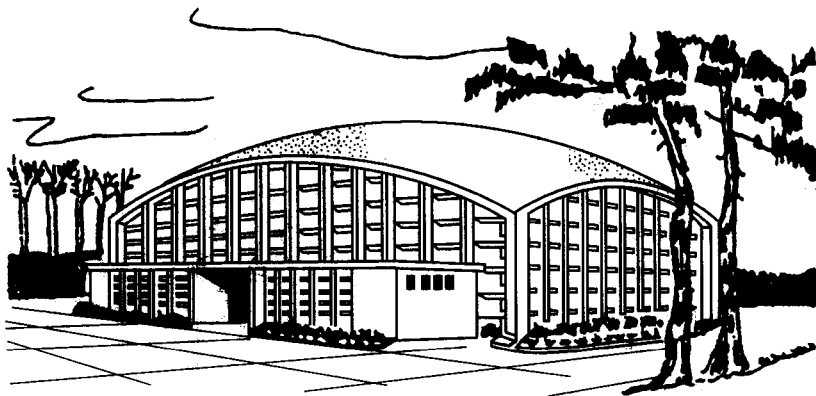


图 1-8 薄壳屋面

3. **实体结构** 实体结构是长度、宽度和高度尺寸相仿的结构。如挡土墙(图 1-10)、水坝等。

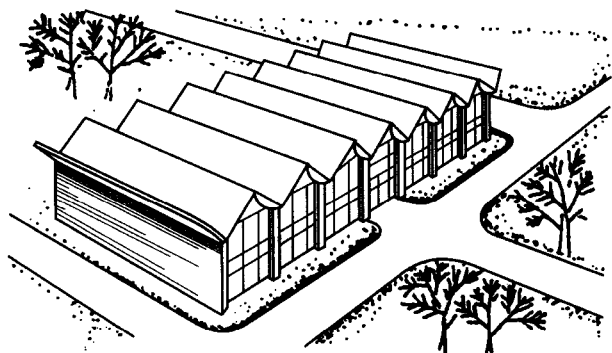


图 1-9 折板屋面

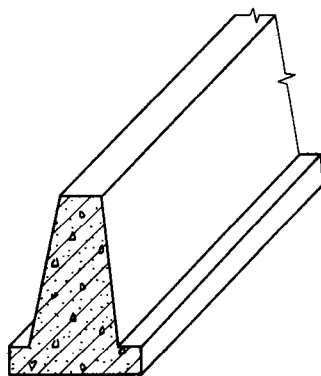


图 1-10 挡土墙

课题2 力学与建筑

1.2.1 力学

力学是研究宏观机械运动规律及其应用的学科。机械运动指物体之间或物体内部各部分之间相对位置的变动,包括物体相对于地球的运动、物体的变形等。平衡是机械运动的特殊情况,指物体相对于地球保持静止,或作匀速直线运动。

力学在应用和发展的过程中,对应研究运动、力与运动的关系、力与变形的关系,对应不同几何特征的研究对象,对应材料的不同性能、不同的工作状态,对应不同的研究手段,形成了不同的分支学科。例如,理论力学、材料力学、结构力学、弹塑性力学、复合材料力学、实验力学、断裂力学、计算力学等。力学的成就为众多的应用科学和工程技术提供了理论基础。

1.2.2 力学与建筑的相关性

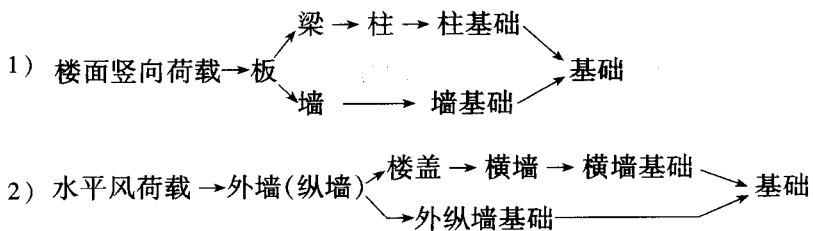
建筑工程讲求“美观实用”、“安全可靠”。实际上,建筑工程无论设计得多美,决不能像神话或童话中的“空中楼阁”,现实生活中的建筑工程必须“脚踏实地”,符合力学原理,采用现有材料、符合国家现行规范要求。

建筑的概念最根本的就是空间的概念,空间的建立必须进行重力的平衡和支撑。在构件的构筑中,力学知识的巧妙应用是成功的关键,而力学和工程材料像一枚硬币的两面,紧密结合并相关。在力学发展的低级阶段,人们对材料的认识仅仅停留在对天然材料进行反复改造,由经验或“做法”确定建筑构件的尺寸与比例。直至19世纪中期,人类才开始应用钢筋混凝土结构,使得人类建造大空间建筑成为可能,但由于力学计算理论的不完善,人们仅仅将钢筋混凝土作为梁、板、柱单一构件的材料。到了20世纪20年代,由于实验力学和计算理论的进步,钢筋混凝土出现了预应力结构和薄壁空间结构,建筑进入一个新时代,世界

各地不断出现大型或超大型公共建筑。随着当代社会城市领域不断扩大、人口不断膨胀、交通工具不断增多,人们对文化精神产品和物质享受要求越来越高,信息社会中的人类更需要社会活动的共享空间,人们期望有更大的空间容入自身和设施,迫使建筑物向更大更高发展。面对此,钢筋混凝土结构的发展空间已经不再广阔了。借助新兴的断裂力学和以计算机为基础的计算力学的发展,钢结构被推到了建筑历史的前沿。人们发现,单根细长的钢杆件按力学原理和计算模型组合在一起,几乎可以不受限制地围合或延伸。可以说,建筑与力学是相互促进的,建筑的发展促使了力学的研究,而力学的进展则不断地夯实了建筑空间构筑的基础。

课题3 建筑结构构件的受力状态^①

各类建筑结构体系都由各种构件组成,因此,构件的设计是一项重要的内容。构件设计之前,必须判明荷载在结构体系中的传递途径。荷载的一般传递途径如下:



构件在荷载作用下会产生内力,而构件中的内力需通过力学分析计算才能得到。构件的内力有轴力 F_N (拉力或压力)、弯矩 M 、剪力 F_Q 和扭矩 T 。各类构件截面处于不同的受力状态,有时是简单受力,更常见的是组合受力,即截面上同时存在有几种内力。按截面受力状态区分,有受弯构件、受压构件(包括轴心受压构件和偏心受压构件)、受拉构件(包括轴心受拉构件和偏心受拉构件)、受扭构件等。

例如,图 1-11 所示钢筋混凝土框架结构中各种受力状态的构件有:框架梁、楼盖中的板、梁均承受弯矩 M 和剪力 F_Q 的共同作用,称为受弯构件;柱子以承受轴向压力 F_N 为主,同时受到弯矩 M 和剪力 F_Q 的作用,称为偏心受压构件;框架的边梁、挑檐梁、雨篷梁等要承受扭矩 T 和弯矩 M 、剪力 F_Q 的共同作用,称为受扭构件。

当按理想桁架计算内力时,屋架中的下弦杆承受轴向拉力 F_N ,属于轴向受拉构件。上弦杆承受轴向压力,属于轴心受压构件。腹杆承受轴向拉力或轴向压力。

对砌体房屋结构、钢结构建筑中构件的受力状态也可作类似的分析。

无论构件处于何种受力状态,其截面形状、尺寸通常都是由起控制作用的截面所受的内力决定的。设计时要选取控制截面(即最不利内力截面或尺寸最小的截面),并以控制截面的内力进行截面设计并实施构造措施。构件的承载能力与所用材料的受力性能紧密相关,所以图 1-11 中同时画出了材料的基本性能示意图。

综合上述分析,对结构的认识应是从整体结构到构件,再到构件截面和材料。而为了掌

^① 本课题所涉及的一些概念,如内力、受弯构件等,在单元 4 有详细介绍。

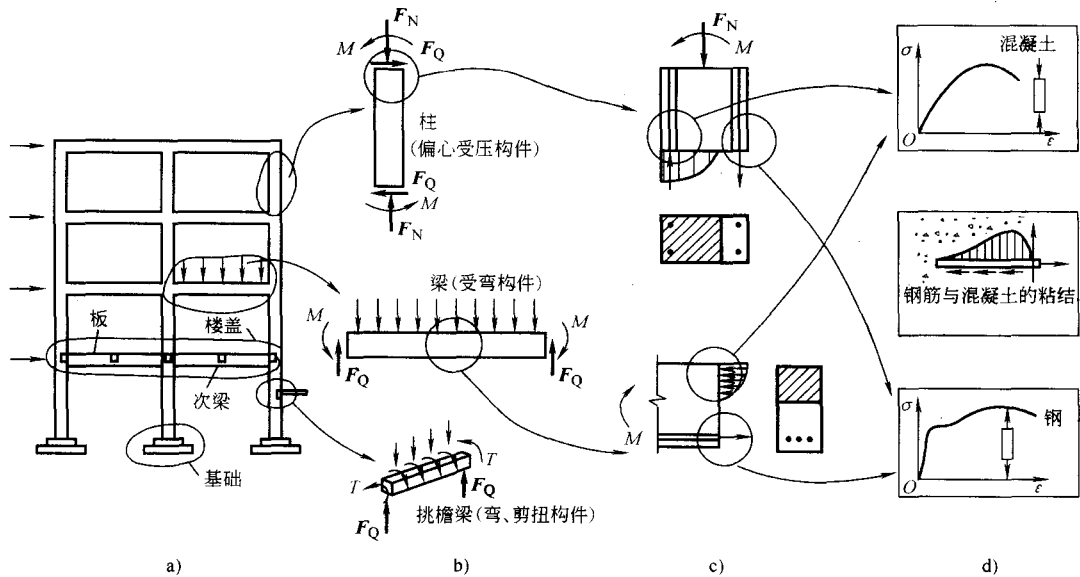


图 1-11 钢筋混凝土框架结构及其构件的受力状态

a) 结构 b) 构件 c) 截面 d) 材料的应力—应变关系

握结构设计的基本概念以及设计计算原理，学习的次序应该是其逆过程。

课题4 本课程的基本内容及学习方法

结构设计是一个复杂的综合过程，一般需要先对结构进行总体布置，然后对构件进行受力分析、荷载计算、内力计算、选择尺寸和材料、构造处理等，最后绘出结构施工图。这些都是工程力学与建筑结构所要研究的课题。由此可见，工程力学与建筑结构的內容是十分丰富和复杂的，本课程仅研究其最基本的内容。具体讲，就是讨论结构计算模型的合理选取、杆件结构的组成规律，研究结构或构件在荷载作用下的平衡规律、构件的内力、应力和变形的计算方法为“地基基础施工”、“砌体结构施工”、“混凝土结构施工”、“钢结构制造”等后续课程奠定基础。

本课程是高等职业院校建筑工程专业必修的课程与训练项目之一。它是该专业职业岗位群所必需的知识和技能，有较强的理论性和实用性。学习本课程，一是要注意理解它的基本概念、基本理论和基本方法；二是要加强练习，不做一定数量的实训练习题是很难掌握本课程的概念、原理和分析方法的，另外对做题中出现的错误应认真分析、找出原因并加以纠正；三是要理论联系实际，遇到实际问题尽量用学到的理论加以定性或定量的解释；四是要注意培养自己综合分析问题的能力。

单元小结

建筑结构是指建筑物中有若干构件连接而能承受“作用”的体系。结构上的作用系指施加在结构上的荷载以及温度变化引起的伸缩、地基不均匀沉降、地震等。组成建筑结构的

构件主要有：板、梁、柱、墙和桁架等。建筑结构按结构采用的材料可分为砌体结构、混凝土结构、钢结构等；按承重结构类型可分为墙体结构、框架结构、框架—剪力墙结构、筒体结构、排架结构等；按照组成结构构件的形状和几何尺寸可分为杆件结构、薄壁结构和实体结构。

力学是研究宏观机械运动规律及其应用的学科。力学与工程是紧密结合的，而力学与建筑工程的一个结合点就是结构分析。

结构构件按截面受力状态不同，可分为受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭构件等。无论构件属于何种受力状态，其截面形状、尺寸通常是由起控制作用的截面的内力所决定的，设计时要选取控制截面，并以控制截面的内力进行截面设计计算并实施构造措施。

学习本课程，一定要注意本课程的学习方法，只有这样才能提高学习效率，才能为后续课程的学习打好基础。

复习思考题

- 1-1 什么是建筑结构？建筑结构承受哪些作用？
- 1-2 建筑结构按材料来分，分为哪几类？按承重结构类型来分，又分为哪几类？
- 1-3 为什么说建筑的发展促使了力学的研究，而力学的进展又不断地夯实了建筑空间构筑的基础？
- 1-4 如何学好本门课程？