



高职高专工程监理专业系列规划教材

# GAOZHIGAOZHUAN

## 土木工程结构

胡兴福 杜绍堂 主 编  
田月华 姚 琦 赵燕平 副主编



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

高职高专工程监理专业系列规划教材

# 土木工程结构

胡兴福 杜绍堂 主 编  
田月华 姚 琦 赵燕平 副主编

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是根据高职高专院校工程监理专业、建筑工程技术专业的教学要求编写的,共18章。书中主要介绍了结构设计方法、钢筋混凝土材料的主要力学性能、钢筋混凝土受弯构件、钢筋混凝土受压构件、钢筋混凝土受拉及受扭构件、预应力混凝土构件、钢筋混凝土楼盖、多层及高层钢筋混凝土房屋、钢筋混凝土结构单层厂房、砌体材料及其主要力学性能、砌体结构构件计算、砌体房屋设计计算、钢结构的材料、钢结构的连接、钢结构构件计算、钢屋盖、建筑结构抗震基本知识、公路混凝土桥涵设计原理。

本书可作为高职高专院校工程监理专业、土木工程专业“土木工程结构”或“建筑结构”课程教材,也可供有关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

土木工程结构/胡兴福,杜绍堂主编. —北京:科学出版社,2004  
(高职高专工程监理专业系列规划教材)  
ISBN 7-03-013048-0

I. 土… II. ①胡…②杜… III. 土木工程-工程结构-高等学校:技术学校-教材 N. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 024149 号

责任编辑:童安齐 沈 建 吴伶伶/责任校对:包志红  
责任印制:吕春珉/封面设计:东方上林工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2004年7月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2004年7月第一次印刷 印张:35 1/2

印数:1—4 000 字数:700 000

定价 39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

# 《高职高专工程监理专业系列规划教材》

## 编委会

**主 任** 胡兴福

**副主任** 沈养中 王胜明 刘晓立 钟芳林 童安齐

**委 员** (以姓氏笔画为序)

牛季收 生青杰 关俊良 刘长华

刘宝莉 孙世青 沈 建 张 弛

张书良 张贵良 张国强 张若美

李会青 杜绍堂 陈红领 陈素红

林 密 侯元恒 洪树生 赵文亮

徐 南 董 平 葛若东

## 前 言

本书是为了适应高职高专院校工程监理专业“土木工程结构”或“建筑结构”课程教学的急需而编写,同时兼顾了建筑工程技术专业“建筑结构”课程的需要。

本书充分体现了“必需够用”原则,注重科学性、先进性和实用性的有机统一,以及课程内容的内在逻辑联系和学生思维能力的培养。全书以结构基本概念、基本构件设计计算和结构构造为重点,突出结构施工图识读能力的培养。本书是按最新结构设计规范、质量验收规范及结构制图标准编写的,取材恰当,体系科学,避繁就简,由浅入深,图文并茂,直观易学,是主要参编学校已有教学改革成果的结晶。为便于教学,各章均附有内容提要、典型例题、思考题及习题。

本书由四川建筑职业技术学院胡兴福拟定全书编写大纲并统稿。

本书编写人员及分工如下:

胡兴福(四川建筑职业技术学院),编写绪论、第三章、第十八章;

杜绍堂(昆明冶金高等专科学校),编写第八章、第十四章;

夏建中(四川建筑职业技术学院),编写第七章;

田月华(山西师范大学建工系),编写第一章、第二章、第五章、第六章、第十二章;

赵燕平(平顶山工学院),编写第十章、第十一章、第十七章;

姚琦(广西建设职业技术学院),编写第四章;

靳向红(平顶山工学院),编写第十三章、第十五章;

王江(华北航天工业学院),编写第九章、第十六章。

承蒙四川建筑职业技术学院高级工程师李辉博士担任本书主审,谨此表示衷心感谢。

限于编者水平,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

# 目 录

## 前言

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 绪论                   | 1   |
| 0.1 土木工程结构的概念及类型     | 1   |
| 0.2 土木工程结构的历史和发展趋势   | 4   |
| 0.3 本课程的内容、学习目标及学习要求 | 5   |
| 思考题                  | 6   |
| 第一章 结构设计方法           | 7   |
| 1.1 结构荷载             | 7   |
| 1.2 极限状态设计法          | 11  |
| 思考题                  | 18  |
| 习题                   | 18  |
| 第二章 钢筋混凝土材料的主要力学性能   | 19  |
| 2.1 钢筋               | 19  |
| 2.2 混凝土              | 23  |
| 2.3 钢筋与混凝土间的黏结       | 27  |
| 思考题                  | 31  |
| 第三章 钢筋混凝土受弯构件        | 33  |
| 3.1 构造要求             | 33  |
| 3.2 正截面承载力计算         | 42  |
| 3.3 斜截面承载力计算         | 60  |
| 3.4 变形及裂缝宽度验算        | 73  |
| 思考题                  | 81  |
| 习题                   | 82  |
| 第四章 钢筋混凝土受压构件        | 84  |
| 4.1 构造要求             | 85  |
| 4.2 轴心受压构件承载力计算      | 87  |
| 4.3 偏心受压构件承载力计算      | 93  |
| 思考题                  | 105 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 习题                      | 105 |
| <b>第五章 钢筋混凝土受拉及受扭构件</b> | 106 |
| 5.1 受拉构件                | 106 |
| 5.2 受扭构件                | 110 |
| 思考题                     | 117 |
| 习题                      | 118 |
| <b>第六章 预应力混凝土构件</b>     | 119 |
| 6.1 预应力混凝土的基本概念         | 119 |
| 6.2 张拉控制应力与预应力损失        | 123 |
| 6.3 预应力混凝土的材料及主要构造要求    | 127 |
| 思考题                     | 131 |
| <b>第七章 钢筋混凝土楼盖</b>      | 132 |
| 7.1 现浇钢筋混凝土肋形楼盖         | 134 |
| 7.2 装配式楼盖               | 173 |
| 7.3 钢筋混凝土楼梯             | 180 |
| 思考题                     | 198 |
| 习题                      | 199 |
| <b>第八章 多层及高层钢筋混凝土房屋</b> | 201 |
| 8.1 常用结构体系              | 202 |
| 8.2 框架结构                | 205 |
| 8.3 剪力墙结构简介             | 225 |
| 8.4 框架-剪力墙结构简介          | 228 |
| 8.5 梁、柱、剪力墙施工图的平面整体表示法  | 229 |
| 思考题                     | 238 |
| <b>第九章 钢筋混凝土结构单层厂房</b>  | 239 |
| 9.1 单层工业厂房的结构组成及受力特点    | 239 |
| 9.2 单层工业厂房的支撑体系         | 242 |
| 9.3 主要构件的类型及与柱的连接       | 246 |
| 9.4 排架柱                 | 256 |
| 思考题                     | 260 |
| <b>第十章 砌体材料及其主要力学性能</b> | 261 |
| 10.1 砌体种类               | 261 |
| 10.2 砌体材料               | 263 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 10.3 砌体的抗压性能·····          | 266 |
| 思考题·····                   | 271 |
| <b>第十一章 砌体结构构件计算</b> ····· | 272 |
| 11.1 砌体构件承载力计算·····        | 272 |
| 11.2 墙、柱高厚比验算·····         | 298 |
| 思考题·····                   | 304 |
| 习题·····                    | 304 |
| <b>第十二章 砌体房屋设计计算</b> ····· | 305 |
| 12.1 刚性方案房屋墙体承载力验算简介·····  | 305 |
| 12.2 砌体房屋构造要求·····         | 320 |
| 12.3 过梁、墙梁、挑梁、雨篷·····      | 325 |
| 思考题·····                   | 331 |
| <b>第十三章 钢结构的材料</b> ·····   | 332 |
| 13.1 建筑钢材的品种及规格·····       | 332 |
| 13.2 钢材的主要力学性能·····        | 337 |
| 思考题·····                   | 345 |
| <b>第十四章 钢结构的连接</b> ·····   | 346 |
| 14.1 焊缝连接·····             | 347 |
| 14.2 螺栓连接·····             | 364 |
| 思考题·····                   | 373 |
| 习题·····                    | 374 |
| <b>第十五章 钢结构构件计算</b> ·····  | 377 |
| 15.1 轴心受力构件·····           | 377 |
| 15.2 受弯构件·····             | 390 |
| 15.3 偏心受力构件·····           | 402 |
| 思考题·····                   | 408 |
| 习题·····                    | 408 |
| <b>第十六章 钢屋盖</b> ·····      | 410 |
| 16.1 钢屋盖的结构组成与布置·····      | 410 |
| 16.2 钢屋架节点构造·····          | 415 |
| 16.3 轻钢屋盖·····             | 416 |
| 16.4 钢屋盖施工图·····           | 421 |
| 思考题·····                   | 433 |



|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| <b>第十七章 建筑结构抗震基本知识</b> .....       | 434 |
| 17.1 地震基本知识.....                   | 434 |
| 17.2 多层砌体房屋和底部框架-抗震墙、多排柱内框架房屋..... | 445 |
| 17.3 多层和高层钢筋混凝土房屋.....             | 460 |
| 17.4 单层钢筋混凝土排架柱厂房.....             | 477 |
| 思考题.....                           | 484 |
| <b>第十八章 公路混凝土桥涵设计原理</b> .....      | 486 |
| 18.1 基本计算原则.....                   | 486 |
| 18.2 钢筋混凝土受弯构件.....                | 490 |
| 18.3 钢筋混凝土受压构件.....                | 512 |
| 18.4 钢筋混凝土受扭构件的构造特点.....           | 521 |
| 18.5 预应力混凝土构件的构造特点.....            | 522 |
| 思考题.....                           | 524 |
| 习题.....                            | 525 |
| <b>附表</b> .....                    | 526 |
| 1 钢筋的计算截面面积及理论质量 .....             | 526 |
| 2 各种钢筋间距时每米板宽内的钢筋截面面积 .....        | 527 |
| 3 均布荷载和集中荷载作用下等跨连续梁的内力系数 .....     | 528 |
| 4 按弹性理论计算矩形双向板在均布荷载作用下的弯矩系数 .....  | 534 |
| 5 型钢规格表 .....                      | 537 |
| 6 钢材的化学成分和机械性能 .....               | 550 |
| 7 轴心受压构件的稳定系数 $\varphi$ .....      | 552 |
| 8 轧制普通工字钢简支梁的 $\varphi_b$ 值 .....  | 555 |
| 9 中国地震烈度表(1999) .....              | 556 |
| <b>参考文献</b> .....                  | 558 |

# 绪 论

## 0.1 土木工程结构的概念及类型

土木工程结构是指用砖、石、钢筋混凝土、钢材、木材等材料建造的建筑物和构筑物的受力骨架体系。

按照使用功能的不同,土木工程结构可分为建筑结构、桥梁结构、岩土工程结构、水利工程结构、特种结构等。

1) 建筑结构是指由梁、板、墙、柱、基础等基本构件构成的建筑物承重骨架体系。建筑结构由水平构件、竖向构件和基础组成。水平构件包括板、梁等,用以承受竖向荷载;竖向构件包括柱、墙等,用以支撑水平构件或承受水平荷载;基础用以将建筑物承受的荷载传至地基。

2) 桥梁结构由上部结构、下部结构和墩台基础三部分组成(图 0.1)。上部结构又称桥跨结构或桥孔结构,包括桥面板、桥面梁以及支撑它们的结构构件,如大梁、拱、悬索等,其作用是承受桥面上行人、车辆等各种荷载,并跨越障碍(如河流、山谷、道路等)。下部结构为桥墩、桥台<sup>①</sup>的总称,其作用是支撑上部结构。墩台基础的作用是将桥上全部荷载传给地基。桥梁的分类形式很多。按桥身材料可分为木桥、圬工桥(砖、石和混凝土砌块)、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥和钢桥等。现代桥梁多采用钢筋混凝土、预应力混凝土和钢材建造。按桥跨结构可分为梁式桥、拱式桥、刚架桥、悬索桥、斜拉桥、桁架桥等(图 0.2)。

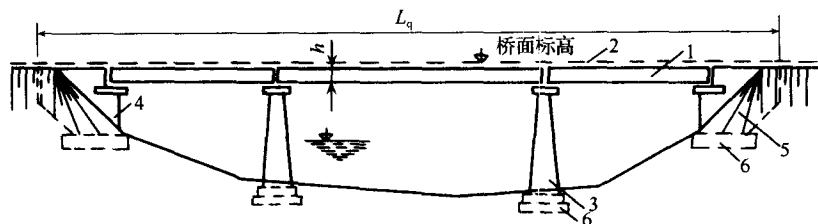


图 0.1 桥梁的结构组成

1. 主梁; 2. 桥面; 3. 桥墩; 4. 桥台; 5. 锥形护坡; 6. 基础

3) 岩土工程结构是指与岩(土)体相接触的结构物,可分为基础和衬砌结构(挡土结构)两大类。其中衬砌结构是指地下工程、隧道工程结构中 与岩(土)层接触

① 单孔桥只有桥台没有桥墩。

处用以承受围岩压力、爆炸等各种荷载,并防止地下水和潮气进入的结构物,其常用形式如图 0.3 所示。

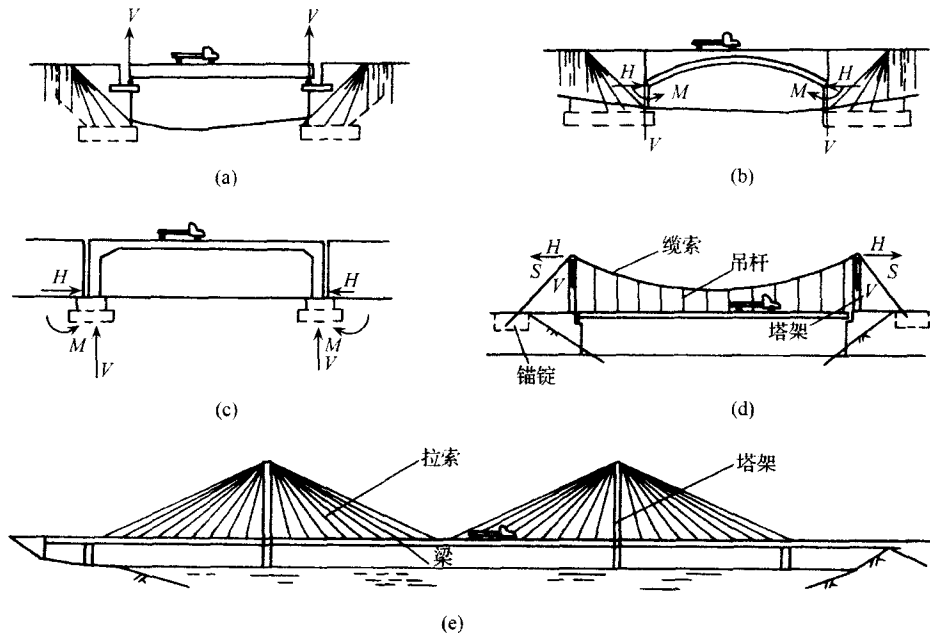


图 0.2 桥梁的类型  
(a)梁式桥;(b)拱式桥;(c)刚架桥;(d)悬索桥;(e)斜拉桥

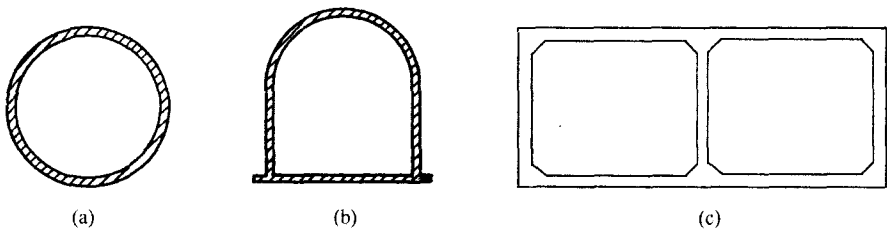


图 0.3 衬砌结构的常用形式

- 4) 水利工程结构主要指挡水建筑物,包括水坝和河堤等。
  - 5) 特种结构是指上述结构以外的具有特殊用途的结构物,如电视塔、水塔、烟囱、筒仓、水池等。
- 本书重点介绍建筑结构。下面介绍建筑结构的类型及其特点。
- 建筑结构可有不同的分类方法。按照所用的材料不同,建筑结构可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构等类型。

### 1. 混凝土结构

混凝土结构是钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和素混凝土结构的总称,其中钢筋混凝土结构是建筑结构中应用最广泛的结构形式。

钢筋混凝土结构具有刚度大,可模性、整体性、耐久性、耐火性好,承载力较高等优点。由于上述优点,钢筋混凝土结构不但被广泛应用于多层与高层住宅、宾馆、写字楼以及单层与多层工业厂房等工业与民用建筑中,而且水塔、烟囱、核反应堆等特种结构也多采用钢筋混凝土结构。钢筋混凝土也有一些缺点,主要是自重大,抗裂性能差,现浇结构模板用量大、工期长等。但随着科学技术的不断发展,这些缺点可以逐渐克服,例如采用轻集料混凝土可以减轻结构自重,采用预应力混凝土可以提高构件的抗裂性能。

### 2. 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,它是砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构的统称。

砌体结构的主要优点是易于就地取材,造价低廉;具有良好的耐火性及耐久性;具有良好的保温、隔热、隔音性能;施工简单,技术容易掌握和普及,也不需要特殊的设备;砌块砌体可节约土地,使建筑向绿色建筑、环保建筑方向发展。砌体结构在我国房屋建筑中占有很大比例。砌体结构的主要缺点是自重大,强度低,整体性差,砌筑劳动强度大等。

在实际工程中,砌体结构主要用于房屋结构中的竖向承重构件(如墙、柱等),而水平承重构件(如梁、板等)多为钢筋混凝土结构。这种由两种及两种以上材料作为主要承重结构的房屋称为混合结构。

### 3. 钢结构

钢结构是指以钢材为主制作的结构。其主要优点是材料强度高、自重轻、塑性和韧性好、材质均匀;便于工厂生产和机械化施工、便于拆卸;抗震性能优越;无污染、可再生、节能、安全,符合建筑可持续发展原则等,钢结构的发展是 21 世纪建筑文明的体现。钢结构的主要缺点是易腐蚀、耐火性差、工程造价和维护费用较高。钢结构的应用正日益增多,尤其是在高层建筑及大跨度结构(如屋架、网架、悬索等)中应用较广。

### 4. 木结构

木结构是指全部或大部分用木材制作的结构。这种结构易于就地取材,制作简单,但易燃、易腐蚀、变形大,并且木材使用受到国家严格限制,目前已很少采用。

## 0.2 土木工程结构的历史和发展趋势

土木工程结构有着悠久的历史。我国黄河流域的仰韶文化遗址就发现了公元前 5000~前 3000 年的房屋结构痕迹。金字塔(建于公元前 2700~前 2600 年)、万里长城、赵州桥等都是结构发展史上的辉煌之作。17 世纪工业革命后,资本主义国家工业化的发展,推动了建筑结构的发展。17 世纪开始使用生铁,19 世纪初开始使用熟铁建造桥梁和房屋。自 19 世纪中叶开始,钢结构得到蓬勃发展。19 世纪 20 年代,水泥的发明使混凝土得以问世,随后出现了钢筋混凝土结构。20 世纪 30 年代,预应力混凝土结构的出现使混凝土结构的应用范围更加广泛。目前,世界上的摩天大楼不胜枚举<sup>①</sup>。马来西亚吉隆坡石油大厦(1996 年建成,组合结构)高达 451.9m,88 层;英国亨伯钢索桥的跨度达 1410.8m。

我国土木工程结构领域也取得了辉煌成就。建筑结构方面,1998 年建成,矗立于我国上海浦东陆家嘴的金茂大厦,高 420.5m,地上 88 层,地下 3 层,其高度全国第一,亚洲第二,世界第三;正在建设的上海环球金融中心,高 492m,101 层,其高度居世界第一。桥梁结构方面,1997 年建成的重庆万县长江大桥(劲性骨架混凝土箱拱桥)净跨 420m,单孔跨江,其跨度居世界同类型桥梁第一;1999 年建成的江阴长江大桥,全长 2888m,主跨 1385m,其跨度居世界悬索桥第四。水利工程结构方面,装机容量为  $3.0 \times 10^7 \text{kW}$  的四川二滩电站双曲拱坝高达 240m;正在建设的三峡水利枢纽工程建成后装机容量达  $1.8 \times 10^8 \text{kW}$ ,超过由巴西和巴拉圭共有的目前装机容量最大的伊泰普水电站 40% 以上。

虽然土木工程结构已经历了漫长的发展过程,但至今仍生机勃勃,不断发展。概括起来,建筑结构主要有以下发展趋势:

1) 理论方面,随着研究的不断深入、统计资料的不断积累,结构设计方法将会发展至全概率极限状态设计方法;衡量结构安全的可靠度理论也在逐渐发展,目前有学者提出全过程可靠度理论,将可靠度理论应用到工程结构设计、施工与使用的全过程中,以保证结构的安全可靠;随着模糊数学的发展,模糊可靠度的概念正在建立;随着计算机的发展,工程结构计算正向精确化方向发展,结构的非线性分析是发展趋势。非线性分析的主要方法是有限元法。对混凝土等材料进行非线性有限元分析目前还不太成熟,学者们正在对有关问题进行深入研究。

2) 材料方面,混凝土将向轻质高强方向发展。目前,美国已制成 C200 的混凝土;我国已制成 C100 的混凝土<sup>②</sup>。估计不久混凝土强度将普遍达到  $100 \text{N/mm}^2$ ,特

<sup>①</sup> 世界建筑高度前 5 名依次为:a. 石油大厦,马来西亚吉隆坡,组合结构,451.9m,88 层,1996 年建成;b. 西尔斯大厦,美国芝加哥,110 层,443m,1974 年建成;c. 金茂大厦,中国上海,420.5m,地上 88 层,地下 3 层,组合结构,1998 年建成;d. 世界贸易中心,美国纽约,110 层,417m,钢结构,1972 年建成(“9.11 事件”中被炸毁);e. 帝国大厦,美国纽约,102 层,381m,钢结构,1931 年建成。

<sup>②</sup> 一般认为 C60~C80 为高强混凝土,C100 及以上为超高强混凝土。

殊工程可达  $400 \text{ N/mm}^2$ 。目前,高强混凝土的塑性性能不如普通混凝土,研制塑性好的高强混凝土是今后的发展方向。轻质混凝土主要是采用轻质集料,轻质集料主要有天然轻集料(如浮石、凝灰石等)、人造轻集料(页岩陶粒、黏土陶粒、膨胀珍珠岩等)、工业废料(炉渣、矿渣粉煤灰陶粒等)。轻质混凝土的强度目前一般只能达到  $5 \sim 20 \text{ N/mm}^2$ ,开发高强度的轻质混凝土是今后的方向。为改善混凝土抗拉性能差、延性差的缺点,在混凝土中掺入纤维是有效的途径。掺入的纤维有钢纤维、耐碱玻璃纤维、聚丙烯纤维或尼龙合成纤维等。碾压混凝土也是近年来发展较快的新型混凝土,它可用于大体积混凝土结构、公路路面及机场道面,其特点是施工机械化程度高、效率高、劳动条件好、工期短。除此之外,许多特种混凝土如膨胀混凝土、聚合物混凝土、浸渍混凝土等也在研制、应用之中。高强钢筋目前也发展较快。现在强度达  $400 \sim 600 \text{ N/mm}^2$  的高强钢筋已开始应用,今后将会出现强度超过  $1000 \text{ N/mm}^2$  的钢筋。目前,高强钢筋主要是冷轧钢筋,包括冷轧带肋钢筋和冷轧扭钢筋。为减小裂缝宽度,焊成梯格形的双钢筋也在开始应用。砌体结构材料的发展方向也是轻质高强,途径之一是发展空心砖。国外空心砖的抗压强度普遍可达  $30 \sim 60 \text{ N/mm}^2$ ,甚至高达  $100 \text{ N/mm}^2$  以上,孔洞率也达  $40\%$  以上。另一个途径是在黏土内掺入可燃性植物纤维或塑料珠,煅烧后形成气泡空心砖,它不仅自重轻,而且隔声、隔热性能好。砌体结构材料另一个发展趋势是高强砂浆。钢结构材料主要是向高效能方向发展。除提高材料强度外,还应大力发展型钢。如 H 型钢可直接作梁和柱,采用高强螺栓连接,施工非常方便。压型钢板也是一种新产品,它能直接作屋盖,也可在上面浇上一层混凝土作楼盖。作楼盖时压型钢板既是楼板的抗拉钢筋,又是模板。

3) 结构方面,空间钢网架发展十分迅速,最大跨度已逾百米。悬索结构、薄壳结构也是大跨度结构发展的方向。高层砌体结构也开始应用。为克服传统体系砌体结构水平承载力低的缺点,一个途径是使墙体只受垂直荷载,将所有的水平荷载由钢筋混凝土内核芯筒承受,形成砖墙-筒体体系;另一个途径就是对墙体施加预应力,形成预应力砖墙。组合结构也是结构发展的方向,目前型钢混凝土、钢管混凝土、压型钢板叠合梁等组合结构已广泛应用,在超高层建筑结构中还采用钢框架与内核芯筒共同受力的组合体系,能充分利用材料优势。

### 0.3 本课程的内容、学习目标及学习要求

本课程内容以建筑结构为主(第一章~第十七章),包括结构设计方法、混凝土结构、砌体结构、钢结构、建筑结构抗震基本知识等,并介绍了公路混凝土桥涵设计原理。通过该课程的学习,应能了解建筑结构的设计方法,掌握钢筋混凝土结构、砌体结构和钢结构基本构件的计算方法,理解结构构件的构造要求,能正确识读建筑结构施工图,并能处理建筑施工中的一般结构问题。

本课程是工程监理、建筑工程技术等专业的主干专业课。学习本课程,①要理论联系实际。本课程的理论本身就来源于生产实践,它是前人大量工程实践的经验总结。因此,学习本课程时,应通过实习、参观等各种渠道向工程实践学习,加强练习、课程设计等,真正做到理论联系实际。②要注意同力学课的联系和区别。本课程所研究的对象,除钢结构外都不符合匀质弹性材料的条件,因此力学公式多数不能直接应用,但从通过几何、物理和平衡关系建立基本方程来说,二者是相同的。所以,在应用力学原理和方法时,必须考虑材料性能上的特点,切不可照搬照抄。③要注意培养自己综合分析问题的能力。结构问题的答案往往不是惟一的,即使是同一构件在给定荷载作用下,其截面形式、截面尺寸、配筋方式和数量都可以有多种答案。这时往往需要综合考虑适用、材料、造价、施工等多方面因素,才能做出合理选择。④要注意学习有关规范。结构设计规范是国家颁布的关于结构设计计算和构造要求的技术规定和标准,设计、施工等工程技术人员都必须遵循,熟悉并学会应用有关规范是学习本课程的重要任务之一,因此学习中应自觉结合课程内容学习有关规范,以达到逐步熟悉并正确应用之目的。

### 思 考 题

- 0.1 什么是土木工程结构?按照使用功能的不同,它可以分为哪些类型?
- 0.2 什么是建筑结构?按照所用材料的不同,建筑结构可以分为哪几类?各有何特点?

# 第一章 结构设计方法

本章主要介绍结构荷载和结构极限状态设计方法。要求掌握荷载的取值和计算;掌握按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行结构设计的计算方法。理解荷载代表值、承载能力极限状态实用表达式中各系数的含义以及结构功能要求等基本概念。

## 1.1 结构荷载

在建筑结构中,使结构产生效应(如结构或构件的内力、应力、位移、应变、裂缝等)的各种原因,统称为结构上的作用。结构上的作用又分为直接作用和间接作用。其中直接作用,例如结构的自重、楼面活重、积雪重、风的作用等称为荷载。间接作用如地基变形、混凝土收缩、温度变化、地震作用等则不能称为荷载。

### 1.1.1 荷载的分类

《建筑结构设计规范》(GB 50009-2001)(以下简称《荷载规范》)按荷载随时间的变异,将荷载分为以下三类。

#### 1. 永久荷载

在结构使用期间,其值不随时间变化,或其变化与其平均值相比可以忽略不计,或其变化是单调的并能趋于限值的荷载。例如,结构自重、土压力等。永久荷载也称恒载。

#### 2. 可变荷载

在结构使用期间,其值随时间变化,且其变化与平均值相比不可以忽略的荷载。例如,楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载等。可变荷载也称活载。

#### 3. 偶然荷载

在结构使用期间不一定出现,一旦出现,其值很大且持续时间很短的荷载。例如爆炸力、撞击力等。



## 1.1.2 荷载代表值

任何一类荷载都具有不同性质的变异性,不仅随地而异,而且随时而异,即使是同种材料的结构自重,实际上也存在着某种程度的变异。但是,在进行结构设计时,如果将荷载的这种随机性质采用复杂的概率设计表达式,直接引入反映荷载变异性的各种参数,将会给设计造成许多困难。因此,在结构设计时,除采用便于设计者使用的表达式外,其中对荷载仍赋予一个规定的量值,这个量值称为荷载的代表值。

荷载可根据不同的设计要求,规定不同量值的代表值,使之较好地反映它在设计中的特点。《荷载规范》给出了荷载的四种代表值:标准值、准永久值、组合值、频遇值。永久荷载以其标准值作为代表值;对于可变荷载,应根据设计要求采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值;对偶然荷载应按建筑结构使用的特点确定其代表值。荷载标准值是荷载的基本代表值,其他代表值是以其标准值乘以相应的系数后得出。

### 1. 荷载标准值

荷载标准值是指在结构使用期间,在正常情况下可能出现的最大荷载值。由于最大荷载值是随机变量,故荷载标准值原则上应根据荷载的设计基准期最大荷载概率分布的某一分位系数(使其保证率达到95%)而确定的。但是,有些荷载并不具备充分的统计资料,只能结合工程经验,经分析判断确定。《荷载规范》对各类荷载标准值的取法,规定如下:

#### (1) 永久荷载标准值

对于结构或非承重构件的自重,由于变异性不大,一般以其平均值作为荷载标准值,即可按结构构件的设计尺寸和材料或结构构件单位体积(或面积)的自重平均值确定。对于自重变异性较大的材料,在设计中应根据其对结构有利或不利的情况,分别取其自重的下限值或上限值。《荷载规范》附录A给出了材料的自重,对某些变异性较大的材料,则分别给出其自重的上限值和下限值。

例如,某矩形截面钢筋混凝土梁,计算跨度 $4.5\text{m}$ ,截面尺寸 $b \times h = 200\text{mm} \times 500\text{mm}$ ,则其自重标准值为 $0.2 \times 0.5 \times 25 = 2.5\text{kN/m}$ (从《荷载规范》查得钢筋混凝土的自重为 $25\text{kN/m}^3$ )。

#### (2) 可变荷载标准值

《荷载规范》已给出各种可变荷载标准值的数值,设计时可直接查用。为便于学习应用,摘录民用建筑楼面均布活荷载和屋面活荷载,见表1.1、表1.2。