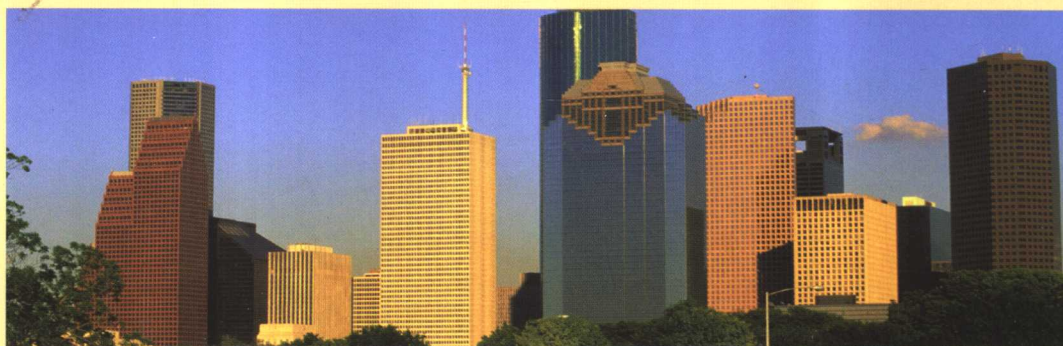




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪土木工程专业系列教材



# 工程结构设计原理

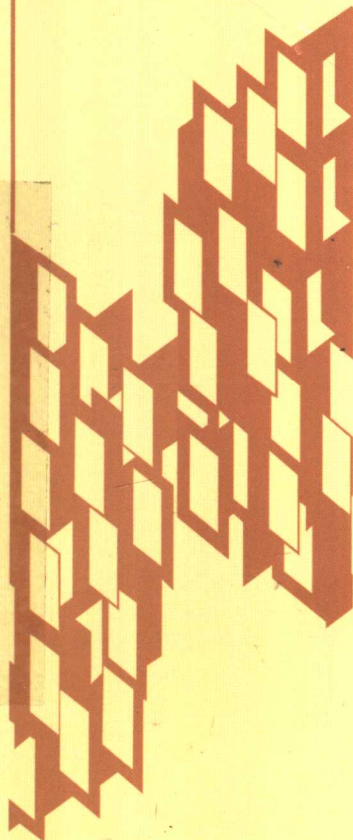
GONGCHENG JIEGOU SHEJI YUANLI

(第2版)

曹双寅 主编

曹双寅 舒赣平 编著  
冯 健 邱洪兴

蒋永生 主审



东南大学出版社

TU318/68

2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
新世纪土木工程专业系列教材

# 工程结构设计原理

(第2版)

	曹双寅	主编
曹双寅	舒贛平	编著
冯健	邱洪兴	
	蒋永生	主审

东南大学出版社

·南京·

## 内 容 提 要

《工程结构设计原理》是土木工程专业的主干专业基础课教材,将钢结构、混凝土结构、砌体结构以及组合结构基本构件设计原理有机结合,以基本原理为主,实现了通用化、综合化。本书共分12章,主要内容包以概率为基础的结构可靠性设计方法,工程结构材料的物理力学性能,构件的连接,梁、柱、板、墙等构件的设计,预应力构件和组合构件的设计等。

本书突出受力性能分析,强调基本概念和原理,以现行国家相关设计规范为基础,但不过多地拘泥于规范的具体规定,不仅可作为土木工程专业本科生的教材,也可供其他相关专业学生以及从事土木工程的工程技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程结构设计原理/曹双寅,舒赣平,冯健编著.

曹双寅主编. 南京:东南大学出版社,2008.4

ISBN 978-7-5641-1041-3

I. 工… II. ①曹…②舒…③冯… III. 工程结构—结构设计—高等学校—教材 IV. TU318

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 195023 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编 210096)

出版人:江 汉

全国各地新华书店经销 溧阳市晨明印刷有限公司印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:34.75 字数:834千字

2008年4月第2版 2008年4月1次印刷

ISBN 978-7-5641-1041-3/TU·137

印数:1~4000册 定价:59.00元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与读者服务部联系。电话(传真):025—83792328)

# 序

东南大学是教育部直属重点高等学校,在 20 世纪 90 年代后期,作为主持单位开展了国家级“20 世纪土建类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”课题的研究,提出了由土木工程专业指导委员会采纳的“土木工程专业人才培养的知识结构和能力结构”的建议。在此基础上,根据土木工程专业指导委员会提出的“土木工程专业本科(四年制)培养方案”,修订了土木工程专业教学计划,确立了新的课程体系,明确了教学内容,开展了教学实践,组织了教材编写。这一改革成果,获得了 2000 年教学成果国家级二等奖。

这套新世纪土木工程专业系列教材的编写和出版是教学改革的继续和深化,编写的宗旨是:根据土木工程专业知识结构中关于学科和专业基础知识、专业知识以及相邻学科知识的要求,实现课程体系的整体优化;拓宽专业口径,实现学科和专业基础课程的通用化;将专业课程作为一种载体,使学生获得工程训练和能力的培养。

新世纪土木工程专业系列教材具有下列特色:

## 1. 符合新世纪对土木工程专业的要求

土木工程专业毕业生应能在房屋建筑、隧道与地下建筑、公路与城市道路、铁道工程、交通工程、桥梁、矿山建筑等的设计、施工、管理、研究、教育、投资和开发部门从事技术或管理工作,这是新世纪对土木工程专业的要求。面对如此宽广的领域,只能从终身教育观念出发,把对学生未来发展起重要作用的基础知识作为优先选择的内容。因此,本系列的专业基础课教材,既打通了工程类各学科基础,又打通了力学、土木工程、交通运输工程、水利工程等大类学科基础,以基本原理为主,实现了通用化、综合化。例如工程结构设计原理教材,既整合了建筑结构和桥梁结构等内容,又将混凝土、钢、砌体等不同材料结构有机地综合在一起。

## 2. 专业课程教材分为建筑工程类、交通土建类、地下工程类三个系列

由于各校原有基础和条件的不同,按土木工程要求开设专业课程的困难较大。本系列专业课教材从实际出发,与设课群组相结合,将专业课程教材分为建筑工程类、交通土建类、地下工程类三个系列。每一系列包括有工程项目的规划、选型或选线设计、结构设计、施工、检测或试验等专业课系列,使自然科学、工程技术、管理、人文学科乃至艺术交叉综合,并强调了工程综合训练。不同课群组可以交叉选课。专业系列课程十分强调贯彻理论联系实际的教学原则,融知识和能力为一体,避免成为职业的界定,而主要成为能力培养的载体。

## 3. 教材内容具有现代性,用整合方法大力精减

对本系列教材的内容,本编委会特别要求不仅具有原理性、基础性,还要求具有现代性,纳入最新知识及发展趋向。例如,现代施工技术教材包括了当代最先进的施工技术。

在土木工程专业教学计划中,专业基础课(平台课)及专业课的学时较少。对此,除了少而精的方法外,本系列教材通过整合的方法有效地进行了精减。整合的面较宽,包括了土木工程

各领域共性内容的整合,不同材料在结构、施工等教材中的整合,还包括课堂教学内容与实践环节的整合,可以认为其整合力度在国内是最大的。这样做,不只是为了精减学时,更主要的是可淡化细节了解,强化学习概念和综合思维,有助于知识与能力的协调发展。

#### 4. 发挥东南大学的办学优势

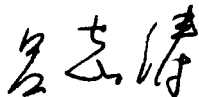
东南大学原有的建筑工程、交通土建专业具有 80 年的历史,有一批国内外著名的专家、教授。他们一贯严谨治学,代代相传。按土木工程专业办学,有土木工程和交通运输工程两个一级学科博士点、土木工程学科博士后流动站及教育部重点实验室的支撑。近十年已编写出版教材及参考书 40 余本,其中 9 本教材获国家和部、省级奖,4 门课程列为江苏省一类优秀课程,5 本教材被列为全国推荐教材。在本系列教材编写过程中,实行了老中青相结合,老教师主要担任主审,有丰富教学经验的中青年教授、教学骨干担任主编,从而保证了原有优势的发挥,继承和发扬了东南大学原有的办学传统。

新世纪土木工程专业系列教材肩负着“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”的重任。因此,为了出精品,一方面对整合力度大的教材坚持经过试用修改后出版,另一方面希望大家在积极选用本系列教材中,提出宝贵的意见和建议。

愿广大读者与我们一起把握时代的脉搏,使本系列教材不断充实、更新并适应形势的发展,为培养新世纪土木工程高级专门人才作出贡献。

最后,在这里特别指出,这套系列教材,在编写出版过程中,得到了其他高校教师的大力支持,还受到作为本系列教材顾问的专家、院士的指点。在此,我们向他们一并致以深深的谢意。同时,对东南大学出版社所作出的努力表示感谢。

中国工程院院士



2001 年 9 月

## 第 2 版前言

本书是“新世纪土木工程专业系列教材”之一。

本书第 1 版问世以来,经过 5 年多时间的使用,受到广大师生的好评,2006 年列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。与第 1 版相比,第 2 版主要修订内容如下:(1) 增加了组合构件设计原理和板的设计原理等内容,取消了板的结构分析、混凝土梁板设计和平台钢结构、组合梁板结构设计要点等章节;(2) 对部分章节内容进行了进一步整合,将预应力混凝土结构的基本原理、预应力混凝土轴心受拉构件和预应力混凝土受弯构件合并为一章,混凝土梁承载力设计原理和构件的变形、裂缝宽度计算原理及耐久性等内容合并为一章,梁、柱的结构形式及破坏类型两章中的内容归置钢梁、混凝土梁和钢柱、混凝土柱的相关章节中,进一步突出了在掌握共性的基本原理基础上,以基本构件为主线,结合不同材料的特性分类阐述的特点。

本教材立足于基本概念,加强基础理论知识,突出基本构件的基本性能和设计原理,以现行国家相关设计规范为基础,但不过多地拘泥于规范的具体规定。通过学习,使学生掌握土木工程结构的基本知识、基本原理和基本设计方法,为理解和掌握各种结构设计规范,继续学习“建筑结构设计”、“桥梁工程”、“地下结构工程”等专业课程奠定扎实的基础。

本教材由第 1 版作者进行修订,第 1、2、3、8 章由曹双寅编写,第 4、5、7、10 章由舒赣平编写,第 6、11 章由冯健编写,第 9、12 章由邱洪兴编写,全书由曹双寅主编,蒋永生主审。

教材编写参考并引用了一些公开出版和发表的文献,谨向这些作者表示感谢。

由于受作者水平所限,书中疏漏和错误之处,敬请读者批评指正,以便日臻完善。

曹双寅

2007 年 7 月

# 第 1 版前言

本书是“新世纪土木工程专业系列教材”之一。

根据教育部新的普通高等学校本科专业目录,原建筑工程、交通土建工程、桥梁工程、地下结构工程等多个专业合并为土木工程专业,人才培养模式正在向宽口径方向转变。为了适应土木工程本科专业基础知识的教学需要,必须对上述各原专业的专业基础知识课进行整合,其中将原多门结构课程的整合作为教学内容和课程体系改革的重点。

课程教学组经过首轮教学实践,改变了以各种结构材料自成体系的模式,将混凝土结构、钢结构、砌体结构和组合结构的基本原理及基本构件有机地结合起来,编写出了通用化、综合化的工程结构设计原理教材。由于这些结构的理论都是以工程力学为基础,其内力分析、应力与应变分析方法等是相同的,突出的不同点是材料的特性,因此,在掌握共性的基本原理基础上,以基本构件为主线结合不同材料结构的特点分类阐述,可以建立起从整体到局部,最后再综合的思维方法,有利于提高教学质量。

本教材立足于基本概念,加强基础理论知识,突出受力基本性能和设计原理,而不拘泥于规范的具体规定。通过学习,使学生掌握土木工程结构的基本知识、基本原理和基本设计方法,为理解和掌握各种结构设计规范,继续学习“建筑结构设计”、“桥梁工程”、“地下结构工程”等专业课程奠定扎实的基础。本书的主要内容包括:以概率为基础的结构设计方法,工程结构材料的物理力学性能,构件的连接,梁、板、柱等基本构件的受力性能、破坏形态、承载能力和正常使用的设计计算原理。另外,为了进行综合训练并配合课程设计的教学要求,本教材还给出了钢筋混凝土楼盖、钢平台的设计示例。

本教材可作为土木工程专业学生专业基础课程的教材和参考书,也适合于电大、职大、函大、网大和自学考试等同类专业以及从事土木工程的工程技术人员参考使用。

本教材由东南大学“工程结构设计原理”课程教学组集体编写,第 1、2、3、10 章由曹双寅编写,第 4、6、9、19 章由舒赣平编写,第 5、8 章由蒋永生、穆保岗编写,第 7、14、15、16 章由冯健编写、第 11、17、18、20 章由邱洪兴编写,第 12、13 章由蒋永生、叶见曙编写,全书由曹双寅主编,蒋永生主审。

教材的编写,参考并引用了一些公开出版和发表的文献,谨向这些作者表示衷心感谢。

由于整合的力度大,作者水平所限,书中疏漏和错误之处,敬请读者批评指正,以便日臻完善。

曹双寅  
2002 年 3 月

# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	(1)
1.1 结构的组成及分类 .....	(1)
1.1.1 结构的发展概况 .....	(1)
1.1.2 结构的组成 .....	(1)
1.1.3 结构的分类 .....	(2)
1.2 混凝土结构 .....	(3)
1.2.1 混凝土结构的特点 .....	(3)
1.2.2 混凝土结构的现状与发展 .....	(5)
1.3 钢结构 .....	(6)
1.3.1 钢结构的特点 .....	(6)
1.3.2 钢结构的现状与发展 .....	(6)
1.4 砌体结构 .....	(7)
1.4.1 砌体结构的特点 .....	(7)
1.4.2 砌体结构的现状及发展 .....	(7)
<b>2 基本计算原则</b> .....	(8)
2.1 结构上的作用 .....	(8)
2.1.1 作用及作用效应 .....	(8)
2.1.2 作用的分类 .....	(8)
2.1.3 荷载的随机性与概率模式 .....	(9)
2.1.4 荷载的代表值 .....	(10)
2.2 结构的抗力 .....	(11)
2.2.1 抗力及其不定因素 .....	(11)
2.2.2 材料强度的标准值 .....	(11)
2.2.3 抗力的概率分布模式 .....	(12)
2.3 结构的功能和极限状态 .....	(12)
2.3.1 结构的功能 .....	(12)
2.3.2 结构的极限状态 .....	(13)
2.4 结构可靠性设计的基本原理 .....	(13)
2.4.1 功能函数与极限状态方程 .....	(13)
2.4.2 结构的可靠性 .....	(13)
2.4.3 可靠度的计算方法及可靠指标 .....	(14)
2.5 基于近似概率法的设计表达式 .....	(23)
2.5.1 一般方法 .....	(23)
2.5.2 我国现行规范采用的基本设计表达式 .....	(25)



2.5.3	分项系数的确定	(27)
	复习思考题	(29)
<b>3</b>	<b>工程结构材料的物理力学性能</b>	<b>(31)</b>
3.1	钢材的物理力学性能	(31)
3.1.1	简单应力状态下钢材的力学性能	(31)
3.1.2	复杂应力状态下钢材的力学性能	(34)
3.1.3	影响钢材性能的一般因素	(39)
3.1.4	结构对钢材的要求及钢材的分类	(43)
3.2	混凝土的物理力学性能	(45)
3.2.1	简单受力状态下混凝土的力学性能	(45)
3.2.2	复杂受力状态下混凝土的性能	(51)
3.2.3	钢筋与混凝土的粘结	(55)
3.3	砌体的材料及力学性能	(58)
3.3.1	砌体的材料及种类	(58)
3.3.2	砌体的力学性能	(60)
	复习思考题	(64)
<b>4</b>	<b>构件连接</b>	<b>(66)</b>
4.1	钢结构的连接方法	(67)
4.2	焊接方法、焊缝形式及质量要求	(68)
4.2.1	钢结构常用的焊接方法	(68)
4.2.2	焊缝连接形式及焊缝类型	(70)
4.2.3	焊缝符号	(71)
4.2.4	焊缝质量等级和焊缝设计强度	(74)
4.3	对接焊缝的构造和计算	(75)
4.3.1	对接焊缝的构造	(75)
4.3.2	对接焊缝的计算	(76)
4.4	角焊缝的构造和计算	(79)
4.4.1	角焊缝的构造	(79)
4.4.2	直角角焊缝的计算	(83)
4.5	焊接残余应力和残余变形	(93)
4.5.1	焊接残余应力的类型和产生的原因	(93)
4.5.2	焊接残余变形	(95)
4.5.3	减小焊接残余应力和焊接残余变形的办法	(96)
4.6	螺栓连接构造	(97)
4.6.1	螺栓的形式和规格	(97)
4.6.2	螺栓及孔的图例	(98)
4.6.3	螺栓的排列与连接构造要求	(98)
4.7	普通螺栓连接的受力性能和计算	(100)
4.7.1	螺栓受剪连接	(101)

4.7.2	受拉螺栓连接 .....	(107)
4.8	高强度螺栓连接的受力性能与计算 .....	(110)
4.8.1	高强度螺栓连接的施工方法 .....	(110)
4.8.2	高强度螺栓摩擦型连接的受力性能 .....	(112)
4.8.3	高强度螺栓连接的计算 .....	(113)
	复习思考题 .....	(119)
<b>5</b>	<b>钢受弯构件承载力计算原理 .....</b>	<b>(123)</b>
5.1	钢受弯构件(钢梁)的类型 .....	(123)
5.2	钢梁的强度 .....	(125)
5.2.1	弯曲正应力 .....	(125)
5.2.2	剪应力 .....	(127)
5.2.3	局部压应力 .....	(128)
5.2.4	折算应力 .....	(129)
5.3	钢梁的刚度 .....	(129)
5.4	钢梁的整体稳定 .....	(131)
5.4.1	一般概念 .....	(131)
5.4.2	梁的扭转 .....	(131)
5.4.3	梁整体稳定的基本理论 .....	(134)
5.4.4	影响梁整体稳定的主要因素 .....	(136)
5.4.5	梁整体稳定的计算 .....	(137)
5.4.6	梁整体稳定系数 $\varphi_b$ .....	(138)
5.5	钢梁截面设计 .....	(141)
5.5.1	型钢梁截面设计 .....	(141)
5.5.2	组合梁截面设计 .....	(143)
5.6	梁的局部稳定和加劲肋设计 .....	(149)
5.6.1	矩形薄板的屈曲 .....	(149)
5.6.2	钢梁翼缘板的局部稳定 .....	(150)
5.6.3	钢梁腹板的局部稳定 .....	(151)
5.7	考虑腹板屈曲后强度的钢梁设计 .....	(162)
5.7.1	工字形截面组合梁腹板屈曲后的抗弯承载力 .....	(162)
5.7.2	工字形截面组合梁腹板屈曲后的抗剪承载力 .....	(163)
5.7.3	工字形截面组合梁考虑梁腹板屈曲后的计算 .....	(164)
5.7.4	考虑腹板屈曲后强度的梁的加劲肋设计要求 .....	(165)
5.8	钢梁的拼接 .....	(165)
5.8.1	工厂拼接 .....	(165)
5.8.2	工地拼接 .....	(166)
	复习思考题 .....	(166)
<b>6</b>	<b>钢筋混凝土梁承载力计算原理 .....</b>	<b>(169)</b>
6.1	概述 .....	(169)

6.2	正截面受弯承载力 .....	(170)
6.2.1	梁类构件的一般构造要求 .....	(170)
6.2.2	正截面受弯试验研究 .....	(172)
6.2.3	正截面受力分析 .....	(175)
6.2.4	受弯构件正截面承载力计算 .....	(180)
6.2.5	双筋矩形截面梁 .....	(185)
6.2.6	T形截面梁 .....	(192)
6.3	斜截面受剪承载力 .....	(199)
6.3.1	无腹筋梁的受剪性能 .....	(199)
6.3.2	有腹筋梁的受剪性能 .....	(204)
6.3.3	斜截面受剪承载力计算 .....	(205)
6.3.4	斜截面受弯承载力 .....	(210)
6.3.5	腹筋的一般构造要求 .....	(215)
6.4	受扭承载力 .....	(217)
6.4.1	概述 .....	(217)
6.4.2	纯扭作用下的开裂扭矩 .....	(218)
6.4.3	纯扭作用下的承载力计算 .....	(221)
6.4.4	弯剪扭共同作用下的承载力计算 .....	(225)
6.4.5	适用条件 .....	(227)
6.5	变形的计算原理 .....	(230)
6.5.1	截面弯曲刚度的概念及定义 .....	(230)
6.5.2	短期刚度 $B_s$ .....	(231)
6.5.3	参数 $\eta$ 、 $\psi$ 和 $\zeta$ 的表达式 .....	(233)
6.5.4	混凝土受弯构件的刚度 $B$ .....	(236)
6.5.5	挠度计算中的最小刚度原则 .....	(237)
6.5.6	受弯构件的挠度验算 .....	(238)
6.6	裂缝宽度的计算原理及耐久性控制 .....	(241)
6.6.1	裂缝与控制标准 .....	(241)
6.6.2	钢筋混凝土构件的裂缝宽度验算 .....	(244)
6.6.3	混凝土结构的耐久性 .....	(252)
	复习思考题 .....	(257)
7	钢轴心受力和拉弯、压弯构件计算原理 .....	(263)
7.1	概述 .....	(263)
7.2	钢轴心受力构件的组成及截面形式 .....	(263)
7.3	钢轴心受力构件的强度 .....	(266)
7.4	钢轴心受力构件的刚度 .....	(266)
7.5	钢轴心受压构件的整体稳定 .....	(268)
7.5.1	概述 .....	(268)
7.5.2	弹性弯曲屈曲(失稳) .....	(269)

7.5.3	弹塑性屈曲(切线模量理论)	(270)
7.5.4	构件缺陷对屈曲临界力的影响	(272)
7.5.5	整体稳定计算公式	(284)
7.6	轴心受压构件的局部稳定	(285)
7.6.1	单向均匀受压薄板的屈曲	(286)
7.6.2	轴心受压构件局部稳定的实用计算方法	(288)
7.6.3	提高局部稳定的措施	(289)
7.7	实腹式轴心受压构件的截面设计和构造要求	(291)
7.7.1	实腹式轴心受压构件的截面选择	(291)
7.7.2	实腹式轴心受压构件构造要求	(293)
7.8	格构式轴心受压构件	(296)
7.8.1	概述	(296)
7.8.2	格构式轴心受压构件整体稳定承载力	(296)
7.8.3	格构式轴心受压构件分肢的稳定性	(301)
7.8.4	格构式轴心受压构件的截面设计	(301)
7.8.5	格构式轴心受压构件的缀件设计	(302)
7.8.6	格构式轴心受压构件的横隔	(304)
7.9	拉弯构件和压弯构件	(308)
7.9.1	概述	(308)
7.9.2	拉弯构件和压弯构件的强度计算	(310)
7.9.3	实腹式单向压弯构件在弯矩作用平面内的稳定计算	(312)
7.9.4	实腹式单向压弯构件在弯矩作用平面外的整体稳定计算	(315)
7.9.5	实腹式双向压弯构件的稳定计算	(317)
7.9.6	实腹式压弯构件的局部稳定	(320)
7.9.7	格构式压弯构件	(322)
	复习思考题	(324)
<b>8</b>	<b>混凝土柱设计原理</b>	<b>(328)</b>
8.1	截面形式及破坏类型	(328)
8.1.1	轴向受力构件	(328)
8.1.2	截面形式	(328)
8.1.3	破坏类型	(329)
8.2	轴心受压柱的承载力计算	(330)
8.2.1	配有普通箍筋柱正截面承载力计算	(330)
8.2.2	配有螺旋箍筋柱正截面承载力计算	(335)
8.3	偏心受压构件计算的基本原则	(339)
8.4	矩形截面偏心受压构件正截面承载力设计	(341)
8.4.1	基本计算公式	(341)
8.4.2	$N_u - M_u$ 相关曲线及其规律	(345)
8.4.3	不对称配筋构件正截面承载力计算方法	(347)

8.4.4	对称配筋构件正截面承载力计算方法	(357)
8.5	工字形及 T 形截面偏心受压构件正截面承载力计算	(360)
8.5.1	基本计算公式	(360)
8.5.2	计算方法	(362)
8.6	受拉构件正截面承载力计算	(366)
8.6.1	轴心受拉构件正截面承载力计算	(366)
8.6.2	偏心受拉构件正截面承载力计算	(366)
8.7	斜截面受剪承载力计算	(370)
8.7.1	受压构件斜截面受剪承载力计算	(370)
8.7.2	受拉构件斜截面受剪承载力计算	(370)
	复习思考题	(371)
<b>9</b>	<b>砌体构件承载力计算原理</b>	<b>(373)</b>
9.1	无筋砌体受压构件	(373)
9.1.1	受力特性	(373)
9.1.2	受压承载力计算公式	(376)
9.2	无筋砌体局部受压	(380)
9.2.1	局部均匀受压	(380)
9.2.2	梁端局部受压	(381)
9.3	无筋砌体的其他构件	(385)
9.3.1	剪压共同作用下的砌体抗剪性能	(385)
9.3.2	受剪构件的承载力计算公式	(387)
9.3.3	轴心受拉和受弯构件的承载力计算公式	(388)
9.4	配筋砖砌体构件简介	(388)
9.4.1	网状配筋砖砌体构件	(388)
9.4.2	组合砖砌体构件	(389)
	复习思考题	(389)
<b>10</b>	<b>组合构件设计原理</b>	<b>(391)</b>
10.1	概述	(391)
10.1.1	组合构件的分类	(391)
10.1.2	组合构件的特点	(392)
10.2	组合楼板	(395)
10.2.1	组合楼板的破坏模式	(395)
10.2.2	组合楼板的计算方法及原则	(396)
10.2.3	组合楼板的承载力计算	(398)
10.2.4	组合楼板的挠度和裂缝宽度的计算	(402)
10.2.5	组合楼板的构造要求	(404)
10.3	组合梁设计	(411)
10.3.1	组合梁的受力原理、过程及破坏模式	(411)
10.3.2	组合梁的计算方法及原则	(414)

10.3.3	简支组合梁的承载力计算	(416)
10.3.4	连续组合梁的承载力计算	(418)
10.3.5	组合梁的抗剪连接件设计	(419)
10.3.6	组合梁的挠度计算	(422)
10.3.7	组合梁的构造要求	(425)
10.4	钢管混凝土柱设计	(434)
10.4.1	钢管混凝土柱的受力性能及破坏形态	(434)
10.4.2	钢管混凝土柱的计算方法	(434)
10.4.3	钢管混凝土柱截面设计	(434)
10.4.4	钢管混凝土柱构造要求	(439)
	复习思考题	(439)
<b>11</b>	<b>预应力混凝土构件设计原理</b>	(442)
11.1	预应力混凝土结构的基本原理	(442)
11.1.1	预应力混凝土的基本概念	(442)
11.1.2	预加应力的效果	(443)
11.1.3	预加应力的方法	(444)
11.1.4	预应力混凝土分类	(446)
11.1.5	预应力混凝土材料及锚夹具	(447)
11.1.6	预应力损失	(449)
11.1.7	预应力的传递和局部承压	(456)
11.1.8	等效荷载	(460)
11.1.9	预应力技术的发展	(460)
11.2	预应力混凝土轴心受拉构件	(461)
11.2.1	承载力计算	(461)
11.2.2	使用阶段抗裂度及裂缝宽度验算	(461)
11.2.3	施工阶段的验算	(462)
11.3	预应力混凝土受弯构件	(465)
11.3.1	应力分析	(465)
11.3.2	正截面受弯承载力计算	(466)
11.3.3	使用阶段正截面抗裂度、裂缝宽度及变形验算	(468)
11.3.4	斜截面承载力计算	(470)
11.3.5	斜截面抗裂度验算	(472)
11.3.6	施工阶段的验算	(473)
	复习思考题	(474)
<b>12</b>	<b>板的设计原理</b>	(476)
12.1	板的类型	(476)
12.2	板的受力性能	(477)
12.2.1	弹性薄板的基本方程	(477)
12.2.2	四边支承矩形板	(478)

12.2.3	周边支承圆板	(480)
12.2.4	单向板与双向板	(481)
12.2.5	柱支承板	(482)
12.2.6	弹性地基板	(482)
12.2.7	正交各向异性板	(483)
12.3	板的弹性设计方法	(483)
12.3.1	单向板	(483)
12.3.2	边支承双向板	(484)
12.4	板的塑性设计方法	(485)
12.4.1	超静定结构的塑性内力重分布	(486)
12.4.2	连续单向板按调幅法的内力计算	(488)
12.4.3	双向板按塑性铰线法的内力计算	(489)
	复习思考题	(493)
<b>附录 1</b>	<b>材料规格、性能及截面特性</b>	(494)
<b>附录 2</b>	<b>钢构件的强度与稳定</b>	(524)
<b>附表 3</b>	<b>钢筋的计算截面面积及理论重量</b>	(531)
<b>附表 4</b>	<b>钢绞线公称直径、公称截面面积及理论重量</b>	(531)
<b>附表 5</b>	<b>钢丝公称直径、公称截面面积及理论重量</b>	(531)
<b>附表 6</b>	<b>钢筋混凝土矩形和 T 形截面受弯构件正截面受弯承载力计算系数表</b>	(532)
<b>附表 7</b>	<b>受弯构件的挠度限值</b>	(533)
<b>附表 8</b>	<b>结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值</b>	(533)
	参考文献	(534)

# 1 绪论

本章简单介绍了一般工程结构的组成和特点,通过学习,应掌握钢结构、混凝土结构和砌体结构的一般概念和特点,了解钢结构、混凝土结构和砌体结构在国内外的应用发展概况。

## 1.1 结构的组成及分类

### 1.1.1 结构的发展概况

我国应用最早的建筑结构是木结构和砖石结构。山西五台山佛光寺大殿(857年)、66 m高的应县木塔(1056年)均为木结构梁柱承重体系;河北省赵县的安济桥(581~617年)是世界上最早的单孔空腹式石拱桥;举世闻名的万里长城、现存最完整的都城墙——南京城墙等,均采用砖石结构。现在,木结构已经很少采用,但砌体结构仍然是我国建筑业,尤其是住宅建设的主要结构形式。

我国是采用钢(铁)结构较早的国家。58~75年,在我国西南地区建造了世界上最早的铁链桥——兰津桥。元江桥、盘江桥和泸定大渡河铁索桥等都是钢(铁)结构。19世纪,随着钢材生产技术的发展,钢结构的应用在国外也迅速发展。1949年新中国成立以后,我国钢结构得到一定程度的发展,但由于受钢产量的限制,钢结构仅用在重型厂房、大跨度建筑、桥梁以及塔桅等结构中。改革开放后,我国经济建设迅速发展,1996年我国钢产量跃居世界第一,年产量超过1亿吨,钢材的质量、规格及数量等能够满足建筑市场的需求,钢结构的应用领域有了较大的扩展。1997年建设部颁发的《中国建筑技术政策》中已明确提出了发展钢结构的要求。可以预计,钢结构在我国将会迅猛发展。

1824年波特兰水泥(我国通称硅酸盐水泥)问世后不久,出现了钢筋混凝土结构。1850年法国人朗波制造了第一艘钢筋混凝土小船。1854年英国人威尔金先生获得了一种钢筋混凝土楼板的专利。7年后,法国工程师科瓦列著文阐述了这种新建筑的原理。1861年法国花匠蒙列用加钢筋网的水泥砂浆制作花盆,1867年蒙列获得了这种花盆的专利,随后又获得了用这种方法制造其他钢筋混凝土构件——梁、板及管等的专利权。1888年德国工程师道伦首次提出了对钢筋混凝土施加预应力的概念,因当时钢材强度不高,未获得实际结果。1928年法国工程师弗列西涅利用高强钢丝和高强度混凝土并施加高的预应力制造预应力构件,获得了成功。随后,混凝土结构的计算理论和应用迅速发展。二战以后,由于高强度钢筋和混凝土的出现及广泛应用,商品混凝土、装配式混凝土结构等工业化生产技术的推广,钢筋混凝土结构得到迅猛发展,许多大型的结构工程,如高层及超高层建筑、大跨度桥梁、隧道、高耸结构等广泛应用了钢筋混凝土结构。在我国,新中国成立后,钢筋混凝土结构在工业与民用建筑、桥梁及隧道、道路、水利工程等领域的应用迅猛发展,设计理论和施工技术等方面均取得了巨大成就。

### 1.1.2 结构的组成

工程结构是由若干个单元,按照一定的规则,通过正确的连接方式所组成的能够承受并传递荷载和其他间接作用的骨架。这些单元就是工程结构的基本构件。



工程结构的基本构件有板、梁、柱、墙、杆、拱、索和基础等,如图 1-1 所示。板为房屋建筑或桥梁等提供活动面,直接承受作用在其上的活荷载和永久荷载,并将这些荷载传递到梁或墙等支撑构件上,板的主要内力是弯矩和剪力,是受弯构件。梁是板的支撑构件,承受板传来的荷载并将其传递到柱、墙或主梁上,它的主要内力是弯矩和剪力,有时也承担扭矩,属受弯构件。柱和墙的作用是支撑楼面体系(梁、板),其主要内力是轴向压力、弯矩和剪力等,是受压构件。拱是工程结构特别是地下结构的一种主要受力构件,是受压构件,它可以通过调整拱的形体来调整构件的内力。索是悬挂构件或结构体系的主要传力单元,一端固定在被悬挂的构件上,另一端固定于其他的结构体系上,主要承受拉力,是受拉构件。杆的用途很多,如组成屋架或其他空间构件的弦杆、结构的支撑等等,其内力主要是轴向拉力或压力,是轴心受力构件。基础是将柱及墙等传来的上部结构荷载传递给地基的下部结构。

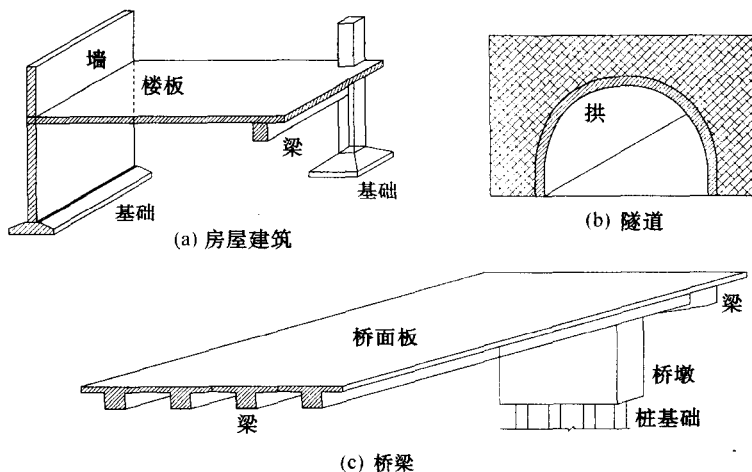


图 1-1 工程结构的组成

### 1.1.3 结构的分类

结构的种类很多,有多种分类方法。一般可以按照结构所用的材料,或结构受力体系、使用功能、外形特点以及施工方法等进行分类。各种结构有其一定的适用范围,应根据工程结构功能、材料性能、不同结构形式的特点和使用要求以及施工和环境条件等合理选用。

按照所采用的材料,工程结构的类型主要有混凝土结构、钢结构、砌体结构、木结构等。混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、纤维混凝土结构和其他各种形式的加筋混凝土结构。砌体结构包括砖石砌体结构、砌块砌体结构。这些结构材料可以在同一结构体系混合使用,形成混合结构,如屋盖和楼盖采用混凝土结构,墙体采用砌体,基础采用砖石砌体或钢筋混凝土,就形成了砖混结构。这些结构材料也可以在同一构件中混合使用,形成组合构件,如屋架上弦采用钢筋混凝土,下弦采用钢拉杆,就形成了钢-混凝土组合屋架,又如在钢筋混凝土柱中配置型钢则形成了钢-混凝土组合柱。

按照结构的受力体系,工程结构的类型主要有框架结构、剪力墙结构、筒体结构,塔式结构、桅式结构、悬索结构、悬吊结构、壳体结构、网架结构、板柱结构、墙板结构、折板结构、充气结构、膜结构等。框架结构的主要竖向受力体系由梁和柱组成;剪力墙结构的主要竖向受力体系由钢筋混凝土墙组成;筒体结构是在高层建筑中,利用电梯井、楼梯间或管道井等四周封闭