



面向 21 世纪课程教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高校土木工程
专业指导委员会规划推荐教材

混凝土结构

上册

混凝土结构设计原理

(第四版)

东南大学 同济大学 天津大学 合编
清华大学 主审

中国建筑工业出版社

面向 21 世纪 课 程 教 材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

混 凝 土 结 构

上册 混凝土结构设计原理

(第四版)

| | | |
|------|-----|----|
| 东南大学 | 程文灏 | |
| 同济大学 | 颜德姮 | 主编 |
| 天津大学 | 王铁成 | |
| 清华大学 | 江见鲸 | 主审 |

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构. 上册, 混凝土结构设计原理/东南大学, 同济大学, 天津大学合编. —4 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008

面向 21 世纪课程教材. 普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材
ISBN 978-7-112-10126-9

I. 混... II. ①东…②同…③天… III. 混凝土结构-结构设计-理论-高等学校-教材 IV. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 109862 号

面向 21 世纪课程教材 普通高等教育“十一五”国家级规划教材 高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

混凝土结构

上册 混凝土结构设计原理
(第四版)

东南大学 程文瀾
同济大学 颜德姮 主编
天津大学 王铁成
清华大学 江见鲸 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
世界知识印刷厂印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 19 $\frac{3}{4}$ 字数: 400 千字
2008 年 11 月第四版 2008 年 11 月第二十二次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-10126-9
(16929)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本教材分为上、中、下三册。此次修订全面参照最新的国家规范和标准对全书内容进行了梳理、充实和重新编排,使本教材能更好地适应当前混凝土结构课程教学发展的需要。上册混凝土结构设计原理,主要讲述基本理论和基本构件;中册混凝土结构与砌体结构设计,主要讲述楼盖、单层厂房、多层框架、高层建筑;下册为混凝土公路桥设计。

上册共分9章,主要结合《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)编写,内容包括:绪论,混凝土结构材料的物理、力学性能,受弯构件正截面受弯承载力、斜截面承载力,受压构件截面承载力,受拉构件截面承载力,受扭构件的扭曲截面承载力,挠度、裂缝宽度验算及延性和耐久性,预应力混凝土构件等。

本教材可作为高校土木工程专业的专业基础课教材,也可供从事混凝土结构设计、制作、施工等工程技术人员参考。

* * *

责任编辑:朱首明 王 跃 吉万旺

责任设计:郑秋菊

责任校对:梁珊珊 王金珠

第四版前言

这本《混凝土结构》教材主要是供土木工程专业中主修建筑工程，选修桥梁工程的大学本科生用的。全书有上、中、下三册。上册为《混凝土结构设计原理》，包括绪论、材性、弯、剪、压、拉、扭、变形裂缝和预应力等9章；中册为《混凝土结构与砌体结构设计》，包括设计原则和方法、楼盖、单厂、多层框架、高层和砌体结构等6章；下册为《混凝土公路桥设计》，包括总体设计、设计原理、梁式桥、拱式桥和墩台设计等5章。

本教材被教育部评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，同时也被住房和城乡建设部评为普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材。2007年底，高校土木工程专业指导委员会对“混凝土结构基本原理”和“土力学”两门课程的教材组织了推荐评审工作，本教材的上册被评为住房和城乡建设部高等学校土木工程学科专业指导委员会“十一五”推荐教材。

本教材是在原有的第三版基础上进行修订的。这次修订的主要内容是把原来上册第3章计算方法的内容都移到现在的中册第10章设计原则和方法中去，并把原来分散在楼盖和单厂中的楼面竖向荷载、风、雪荷载等内容归并到第10章中；在上册中删去双偏压，增加型钢混凝土柱和钢管混凝土柱简介；在中册高层中突出剪力墙，并把它单独列为一节；在例题和习题中的受力钢筋大多改为HRB400级钢筋。

本教材的重点内容是，受弯构件的正截面受弯承载力、矩形截面偏压构件的正截面承载力计算、单向板肋形楼盖、单跨排架计算、多层框架的近似计算、剪力墙和梁式桥。本教材的难点内容是，保证受弯构件斜截面受弯承载力的构造措施、矩形截面小偏心受压构件的正截面承载力计算、钢筋混凝土超静定结构的内力重分布、排架柱和框架梁、柱控制截面的内力组合。教学中应突出重点内容，讲清难点内容。

本教材第四版的编写分工如下：上册主编程文灏、王铁成、颜德姮；中册主编：程文灏、颜德姮、王铁成；下册主编：程文灏、叶见曙、颜德姮、王铁成。江见鲸担任全书的主审。参加编写的有：王铁成（第1、2、3、10章）、顾蕙若（第4章）、李砚波（第5、6章）、康谷贻（第3、5、6、7章）；高莲娣（第9章）、颜德姮（第9章）、程文灏（第3、8、12、14、15章）、邱洪兴（第11章）、张建荣（第13、14章）、戴国亮（第15章）、叶见曙（第16、17、18章）、安琳（第18章）、张秀娟（第19章）、吴文清（第20章）。东南大学蒋永生教

授因病逝世，在此对他为本书所作的贡献表示敬意。

为满足广大读者的要求，我们按本教材上册和中册的内容，由程文灏担任主编，编写了《混凝土结构学习辅导与习题精解》，已由中国建筑工业出版社出版，供大家学习时参考。

限于水平，本书不当之处，欢迎批评指正。

编者

2008年2月

第三版前言

为了写好这本普通高等教育“十五”国家级规划教材，我们做了一些调查研究工作，得到以下三点认识：(1) 这本教材主要是供土木工程专业中主修建筑工程，选修桥梁工程的本科大学生学习混凝土结构、砌体结构和桥梁工程课程用的教科书；(2) 要切实贯彻“少而精”原则，减少和精练教材内容；(3) 避免错误，并减轻学生的经济负担。为此，我们在本教材的第三版中做了以下工作：

1. 调整书的结构，全书仍分为上、中、下三册。上册为混凝土结构设计原理，把原来的第11章混凝土结构按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》的设计原理及其在附录中的有关内容放到下册中去。中册为混凝土结构与砌体结构设计，有五章内容：楼盖、单层厂房、多层框架结构、高层建筑结构、砌体结构。下册为混凝土桥梁设计，有五章内容：公路混凝土桥总体设计、公路混凝土桥设计原理、混凝土梁式桥、混凝土拱式桥、桥梁墩台设计，是按新修订的《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)编写的。

2. 不再讲述我国工程中已经不用或用得很少的结构和构件，例如单层厂房中的混凝土屋盖和先张法预应力混凝土受弯构件等。对于那些尚待商榷的内容则仍给予保留，例如钢筋混凝土基础和双向偏心受压构件正截面承载力的计算等。

3. 认真地修改了原有的内容，使其进一步完善。

本教材第三版的分工如下：上册主编：程文灏、王铁成、颜德姮；中册主编：程文灏、颜德姮、王铁成；下册主编：程文灏、叶见曙、颜德姮、王铁成。参加编写的有：王铁成（第1、2、3章）、杨建江（第4、8章）、顾蕙若（第5章）、李硕波（第6、7章）、康谷贻（第6、7、8章）、蒋永生（第9、15章）、高莲娣（第10章）、颜德姮（第10章）、叶见曙（第16、17、18章）、程文灏（第4、12、17章）、邱洪兴（第11章）、曹双寅（第12章）、张建荣（第13、14章）、戴国亮（第15章）、吴文清（第20章）、安琳、张娟秀（第18、19章）。全书主审：江见鲸。天津大学陈云霞和东南大学陆莲娣两位教授因退休，没有再参加编写工作，在此向她们表示衷心的感谢。

此外，为满足广大读者的要求，我们已按本教材上册和中册的内容编写了《混凝土结构学习辅导和习题集》，由中国建筑工业出版社出版，供大家学习时参考。

限于水平，不妥的地方一定很多，欢迎批评指正。

编者
2004年6月

第一版前言

本教材是教育部、建设部共同确定的“九五”国家级重点教材，也是我国土木工程专业指导委员会推荐的面向 21 世纪的教材。

本教材是根据全国高校土木工程学科专业指导委员会审定通过的教学大纲编写的，分上、中、下三册，上册为《混凝土结构设计原理》，属专业基础课教材，主要讲述基本理论和基本构件；中册为《混凝土建筑结构设计》，属专业课教材，主要讲述楼盖、单层厂房、多层框架和高层建筑。下册为《混凝土桥梁设计》，主要讲述公路桥梁、拱桥的设计。

《混凝土结构设计原理》共有 11 章，包括绪论、计算方法、材性、弯、剪、扭、压、拉、预应力等基本构件。其中，第 2 章至第 10 章主要是结合新修订的《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002) 报批稿编写的，第 11 章是在此基础上，再结合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ023—85) 编写的。初步实践表明，这种两段式的编写方法能体现先进性和现实性，也符合认识规律，便于教学。

编写本教材时，注意了以教学为主，少而精；突出重点、讲清难点，在讲述基本原理和概念的基础上，结合规范和工程实际；注意与其他课程和教材的衔接与综合应用；体现国内外先进的科学技术成果；有一定数量的例题，每章都有思考题，除第 1、2 章外，每章都有习题。

本教材的编写人员都具有丰富的教学经验，上册主编：程文灏、康谷贻、颜德姮；下册主编：程文灏、颜德姮、康谷贻。参加编写的有：王铁成（第 1、2、3 章）、陈云霞（第 1、2 章）、杨建江（第 4、8 章）、顾蕙若（第 5 章）、李砚波（第 6、7 章）、康谷贻（第 6、7、8 章）、蒋永生（第 9 章）、高莲娣（第 10 章）、颜德姮（第 10 章）、叶见曙（第 11、16 章）、程文灏（第 11、13 章）、邱洪兴（第 12 章）、曹双寅（第 13 章）、张建荣（第 14、15 章）、陆莲娣（第 16 章）、朱征平（第 16 章）。全书主审：江见鲸。

原三校合编，清华大学主审，中国建筑工业出版社出版的高等学校推荐教材《混凝土结构》（建筑工程专业用），1995 年荣获建设部教材一等奖。本教材是在此基础上全面改编而成的，其中，第 11 章是按东南大学叶见曙教授主编的高等学校教材《结构设计原理》中的部分内容改编的。

本教材已有近 30 年的历史，在历届专业指导委员会的指导下，四校的领导和教师紧密合作，投入很多精力进行了三次编写。在此，特向陈肇元、沈祖炎、

江见鲸、蒋永生等教授及资深前辈：吉金标、蒋大骅、丁大钧、滕智明、车宏亚、屠成松、范家骥、袁必果、童啟明、黄兴棣、赖国麟、储彭年、曹祖同、于庆荣、姚崇德、张仁爱、戴自强等教授，向中国建筑科学研究院白生翔教授、清华大学叶列平教授，向给予帮助和支持的兄弟院校，向中国建筑工业出版社的领导及有关编辑等表示深深的敬意和感谢。

限于水平，本教材中有不妥之处，请批评指正。

编者
2000年10月

目 录

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第1章 绪论 | 1 |
| § 1.1 混凝土结构的一般概念 | 1 |
| § 1.2 混凝土结构的发展概况 | 3 |
| § 1.3 结构的功能和极限状态简述 | 4 |
| § 1.4 学习本课程需要注意的问题 | 5 |
| 思考题 | 7 |
| 第2章 混凝土结构材料的物理力学性能 | 8 |
| § 2.1 混凝土的物理力学性能 | 8 |
| § 2.2 钢筋的物理力学性能 | 22 |
| § 2.3 混凝土与钢筋的粘结 | 28 |
| 思考题 | 32 |
| 第3章 受弯构件的正截面受弯承载力 | 33 |
| § 3.1 梁、板的一般构造 | 33 |
| § 3.2 受弯构件正截面的受弯性能 | 37 |
| § 3.3 正截面受弯承载力计算原理 | 45 |
| § 3.4 单筋矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算 | 50 |
| § 3.5 双筋矩形截面受弯构件的正截面受弯承载力计算 | 56 |
| § 3.6 T形截面受弯构件正截面受弯承载力计算 | 62 |
| 思考题 | 69 |
| 习题 | 70 |
| 第4章 受弯构件的斜截面承载力 | 71 |
| § 4.1 概述 | 71 |
| § 4.2 斜裂缝、剪跨比及斜截面受剪破坏形态 | 72 |
| § 4.3 简支梁斜截面受剪机理 | 76 |
| § 4.4 斜截面受剪承载力的计算 | 78 |
| § 4.5 保证斜截面受弯承载力的构造措施 | 93 |
| § 4.6 梁、板内钢筋的其他构造要求 | 101 |
| 思考题 | 104 |
| 习题 | 104 |
| 第5章 受压构件的截面承载力 | 107 |

| | |
|--|-----|
| § 5.1 受压构件一般构造要求 | 107 |
| § 5.2 轴心受压构件正截面受压承载力 | 109 |
| § 5.3 偏心受压构件正截面受压破坏形态 | 118 |
| § 5.4 偏心受压构件的二阶弯矩 | 122 |
| § 5.5 矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力的基本计算公式 | 126 |
| § 5.6 不对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力 计算 | 130 |
| § 5.7 对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力 计算方法 | 141 |
| § 5.8 对称配筋 I 形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算 | 146 |
| § 5.9 正截面承载力 N_0 - M_0 的相关曲线及其应用 | 152 |
| § 5.10 偏心受压构件斜截面受剪承载力计算 | 155 |
| § 5.11 型钢混凝土柱和钢管混凝土柱简介 | 157 |
| 思考题 | 162 |
| 习题 | 162 |
| 第 6 章 受拉构件的截面承载力 | 164 |
| § 6.1 轴心受拉构件正截面受拉承载力计算 | 164 |
| § 6.2 偏心受拉构件正截面受拉承载力计算 | 164 |
| § 6.3 偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算 | 167 |
| 思考题 | 168 |
| 习题 | 168 |
| 第 7 章 受扭构件的扭曲截面承载力 | 169 |
| § 7.1 概述 | 169 |
| § 7.2 纯扭构件的试验研究 | 170 |
| § 7.3 纯扭构件的扭曲截面承载力 | 172 |
| § 7.4 弯剪扭构件的扭曲截面承载力 | 181 |
| § 7.5 在轴向压力、弯矩、剪力和扭矩共同作用下钢筋混凝土矩形 截面框架柱受扭承载力计算 | 186 |
| § 7.6 对属于协调扭转的钢筋混凝土构件扭曲截面承载力 | 186 |
| § 7.7 构造要求 | 187 |
| 思考题 | 192 |
| 习题 | 192 |
| 第 8 章 挠度、裂缝宽度验算及延性和耐久性 | 194 |
| § 8.1 钢筋混凝土受弯构件的挠度验算 | 194 |
| § 8.2 钢筋混凝土构件的裂缝宽度验算 | 207 |
| § 8.3 混凝土构件的截面延性 | 216 |

| | |
|---|-----|
| § 8.4 混凝土结构的耐久性 | 221 |
| 思考题 | 224 |
| 习题 | 224 |
| 第9章 预应力混凝土构件 | 226 |
| § 9.1 概述 | 226 |
| § 9.2 预应力混凝土轴心受拉构件的计算 | 245 |
| § 9.3 预应力混凝土受弯构件的设计计算 | 261 |
| § 9.4 预应力混凝土构件的构造要求 | 275 |
| § 9.5 部分预应力混凝土与无粘结预应力混凝土 | 278 |
| 思考题 | 280 |
| 习题 | 281 |
| 附录1 术语及符号 | 283 |
| 附 1.1 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 的术语 | 283 |
| 附 1.2 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 的符号 | 284 |
| 附录2 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 规定的 | |
| 材料力学指标 | 288 |
| 附表 2-1 混凝土强度标准值 (N/mm^2) | 288 |
| 附表 2-2 混凝土强度设计值 (N/mm^2) | 288 |
| 附表 2-3 混凝土弹性模量 E_c ($\times 10^4 \text{N}/\text{mm}^2$) | 288 |
| 附表 2-4 不同 ρ_c^f 值时混凝土的疲劳强度修正系数 γ_f | 288 |
| 附表 2-5 混凝土疲劳变形模量 ($\times 10^4 \text{N}/\text{mm}^2$) | 289 |
| 附表 2-6 普通钢筋强度标准值 (N/mm^2) | 289 |
| 附表 2-7 普通钢筋强度设计值 (N/mm^2) | 289 |
| 附表 2-8 预应力钢筋强度标准值 (N/mm^2) | 289 |
| 附表 2-9 预应力钢筋强度设计值 (N/mm^2) | 290 |
| 附表 2-10 钢筋弹性模量 E_s (N/mm^2) | 290 |
| 附表 2-11 钢筋混凝土结构中钢筋疲劳应力幅限值 (N/mm^2) | 290 |
| 附表 2-12 预应力钢筋疲劳应力幅限值 (N/mm^2) | 291 |
| 附录3 钢筋的计算截面面积及公称质量 | 292 |
| 附表 3-1 钢筋的计算截面面积及公称质量表 | 292 |
| 附表 3-2 钢筋混凝土板每米宽的钢筋面积表 (mm^2) | 292 |
| 附表 3-3 钢绞线的公称直径、截面面积及理论质量 | 293 |
| 附表 3-4 钢丝公称直径、截面面积及理论质量 | 293 |
| 附录4 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 的有关规定 | 294 |
| 附表 4-1 受弯构件的挠度限值 | 294 |
| 附表 4-2 混凝土结构的环境类别 | 294 |

| | | |
|--------|-------------------------------------|-----|
| 附表 4-3 | 结构构件的裂缝控制等级和最大裂缝宽度限值 w_{lim} (mm) | 294 |
| 附表 4-4 | 纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度 (mm) | 295 |
| 附表 4-5 | 截面抵抗矩塑性影响系数基本值 γ_m | 296 |
| 附表 4-6 | 钢筋混凝土结构构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率 (%) | 296 |
| 附表 4-7 | 框架柱轴压比限值 | 296 |
| 附表 4-8 | 结构混凝土耐久性的基本要求 | 297 |

第1章 绪论

§ 1.1 混凝土结构的一般概念

1.1.1 混凝土结构的定义与分类

以混凝土为主制成的结构称为混凝土结构，包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等。由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构称为素混凝土结构；由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构称为钢筋混凝土结构；由配置受力的预应力钢筋通过张拉或其他方法建立预应力的混凝土制成的结构称为预应力混凝土结构。混凝土结构广泛应用于工业与民用建筑、桥梁、隧道、矿井以及水利、海港等工程中。本教材上册着重讲述钢筋混凝土结构的设计原理，在第9章中将讲述预应力混凝土构件，在中册中将讲述建筑工程的混凝土结构设计，在下册中将讲述混凝土公路桥设计。

1.1.2 配筋的作用与要求

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种不同的材料组成的。混凝土内配置受力钢筋的作用是提高结构或构件的承载能力和变形能力，同时在钢筋混凝土结构中，混凝土主要承受压力，钢筋主要承受拉力，使两种材料的强度都得到比较充分地利用。

图1-1 (a) 所示的素混凝土梁在外加集中力和梁自身重力的作用下，梁截面的上部受压，下部受拉。由于混凝土的抗拉性能很差，只要梁的跨中附近截面

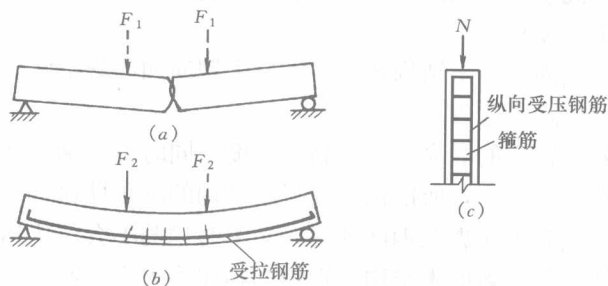


图1-1 简支梁和轴心受压柱受力示意图

(a) 素混凝土梁；(b) 钢筋混凝土梁；(c) 钢筋混凝土轴心受压柱

的受拉边缘混凝土一开裂,梁就突然断裂,破坏前变形很小,没有预兆,属于脆性破坏类型,是工程中要避免的。梁破坏时,截面受压区的压应力还不大,混凝土抗压强度比较高的性能没有被利用。为了改变这种情况,在截面受拉区的外侧配置适量的受力钢筋构成钢筋混凝土梁,见图 1-1 (b)。钢筋主要承受梁中和轴以下受拉区的拉力,混凝土主要承受中和轴以上受压区的压力。由于钢筋的抗拉能力和混凝土的抗压能力都很大,即使受拉区的混凝土开裂后梁还能继续承受相当大的荷载,直到受拉钢筋达到屈服强度以后,荷载还可略有增加,直至受压区混凝土被压碎,梁才破坏。破坏前,变形较大,有明显预兆,属于延性破坏类型,是工程中所要求的。可见,在素混凝土梁内配置受力钢筋构成钢筋混凝土梁以后,不仅改变了破坏类型,而且梁的承载能力和变形能力都有很大提高,钢筋与混凝土两种材料的强度也得到了较充分的利用。因此在英语中称钢筋混凝土结构为被加强了混凝土结构 (reinforced concrete structure)。

如图 1-1 (c) 所示,在轴心受压的柱子中通常也配置抗压强度较高的钢筋协助混凝土承受压力,以提高柱子的承载能力和变形能力。由于钢筋的抗压强度比混凝土的高,所以柱子的截面尺寸可以小些。另外,配置了钢筋还能改善受压构件破坏时的脆性,并可以承受偶然因素产生的拉力。

在混凝土中设置受力钢筋构成钢筋混凝土,这就要求受力钢筋与混凝土之间必须可靠地粘结在一起,以保证两者共同变形,共同受力。由于钢筋和混凝土两种材料的温度线膨胀系数十分接近(钢 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$; 混凝土 $(1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5})/^{\circ}\text{C}$), 当温度变化时钢筋与混凝土之间不会产生较大的相对变形而破坏粘结,因此满足“受力钢筋与混凝土之间可靠地粘结在一起”的要求是可行的。

当然,在钢筋混凝土构件和结构中,受力钢筋的布置和数量应由计算和构造要求确定;受力钢筋的端部应有足够的锚固长度,有的还要做弯钩。

1.1.3 钢筋混凝土结构的优缺点

钢筋混凝土结构的主要优点如下:

取材容易:混凝土所用的砂、石一般易于就地取材。另外,还可有效利用矿渣、粉煤灰等工业废料。

合理用材:钢筋混凝土结构合理地发挥了钢筋和混凝土两种材料的性能,与钢结构相比,可以降低造价。

耐久性较好:密实的混凝土有较高的强度,同时由于钢筋被混凝土包裹,不易锈蚀,维修费用也很少,所以钢筋混凝土结构的耐久性比较好。

耐火性好:混凝土包裹在钢筋外面,火灾时钢筋不会很快达到软化温度而导致结构整体破坏。与裸露的木结构、钢结构相比耐火性要好。

可模性好:根据需要,可以较容易地浇筑成各种形状和尺寸的钢筋混凝土结构。

整体性好：整浇或装配整体式钢筋混凝土结构有很好的整体性，有利于抗震、抵抗振动和爆炸冲击波。

钢筋混凝土结构也存在一些缺点，主要是：自重较大，这对大跨度结构、高层建筑结构抗震不利，也给运输和施工吊装带来困难。还有，钢筋混凝土结构抗裂性较差，受拉和受弯等构件在正常使用时往往带裂缝工作。当不允许出现裂缝或对裂缝宽度有严格限制时就要采用预应力混凝土结构。此外，钢筋混凝土结构的施工复杂、工序多、隔热隔声性能较差。针对这些缺点，可采用轻质高强混凝土及预应力混凝土以减轻自重，改善钢筋混凝土结构的抗裂性能。

§ 1.2 混凝土结构的发展概况

混凝土结构约有 150 年的历史，与钢、木和砌体结构相比，由于它在物理力学性能、材料来源以及工程造价等方面有许多优点，所以发展速度很快，应用也最广泛。

我国是采用混凝土结构最多的国家，在高层建筑和多层框架中大多采用混凝土结构。在多层住宅中也广泛采用了混凝土—砌体混合结构；电视塔、水塔、水池、冷却塔、烟囱、贮罐、筒仓等构筑物中也普遍采用了钢筋混凝土和预应力混凝土结构。此外，在大跨度的公共建筑和工业建筑中也广泛采用混凝土结构。

目前，世界上最高的混凝土建筑是高 450m 的位于马来西亚吉隆坡的型钢混凝土结构的双塔大厦。我国最高的建筑是高 382m（88 层）的上海金茂大厦，主体为钢筋混凝土结构，其中部分柱是型钢混凝土柱。高 322m（80 层）的广州中天广场是我国最高的钢筋混凝土建筑。

加拿大多伦多的预应力混凝土电视塔高达 549m，是有代表性的预应力混凝土构筑物。我国最高的电视塔为上海电视塔（东方明珠），高 415.2m，主体为混凝土结构。

世界上最高的混凝土重力坝是瑞士狄克桑斯大坝，坝高 285m，坝顶宽 15m，坝底宽 225m，坝长 695m。我国长江三峡水利枢纽工程，是世界上最大的水利工程，混凝土大坝高 186m，坝体混凝土用量达 1527 万 m^3 。

我国在铁路、公路、城市的立交桥、高架桥、地铁隧道以及水利港口等交通工程中用钢筋混凝土建造的水闸、水电站、船坞和码头已是星罗棋布。随着我国经济建设的快速发展，混凝土结构的应用将更加广泛，更加丰富多彩。

近年来，我国在混凝土基本理论与设计方法、结构可靠度与荷载分析、工业化建筑体系、结构抗震与有限元分析方法以及现代化测试技术等方面的研究也取得了很多新的成果，某些方面已达到或接近国际先进水平。混凝土结构的设计和研究向更完善更科学的方向发展。先进的现代测试技术保证了实验研究更精确、更系统。基于可靠度理论的分析方法也在逐步完善，并开始用于结构整体和使用

全过程的分析。与此同时,电子计算机的普及和多功能化、CAD等软件系统的开发,缩短了结构设计的时间和工作量,提高了经济效益。

此外,通过大量研究,在混凝土结构设计理论和设计方法方面也取得了很大进展。现行《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)积累了半个世纪以来丰富的工程实践经验和科研成果,把我国混凝土结构设计方法提高到了当前的国际水平,在工程设计中发挥指导作用。

随着高强度钢筋、高强高性能混凝土(强度达到 $100\text{N}/\text{mm}^2$)以及高性能外加剂和混合材料的研制使用,高强高性能混凝土的应用范围不断扩大,钢纤维混凝土和聚合物混凝土的研究和应用有了很大发展。还有,轻质混凝土、加气混凝土、陶粒混凝土以及利用工业废渣的“绿色混凝土”,不但改善了混凝土的性能,而且对节能和保护环境具有重要的意义。此外,防射线、耐磨、耐腐蚀、防渗透、保温等特殊需要的混凝土以及智能型混凝土及其结构也正在研究中。

混凝土结构的应用范围也在不断地扩大,已从工业与民用建筑、交通设施、水利水电建筑和基础工程扩大到了近海工程、海底建筑、地下建筑、核电站安全壳等领域,甚至已开始构思和实验用于月面建筑。随着轻质高强材料的使用,在大跨度、高层建筑中的混凝土结构越来越多。

§ 1.3 结构的功能和极限状态简述

为了方便学习,这里只讲述与下面几章学习内容有关的预备知识,详细的将在中册第10章中讲述。

1.3.1 结构的功能

为了保证设计的结构是安全可靠的,建筑结构应满足对其功能的要求。建筑的功能包括安全性、适用性和耐久性三个方面,简称“三性”。安全性是指建筑结构承载能力的可靠性,即建筑结构应能承受正常施工和使用时的各种荷载和变形,在地震、爆炸等发生时和发生后保持整体稳定性;适用性要求结构在正常使用过程中不产生影响使用的过大变形以及不发生过的宽的裂缝等;耐久性要求在正常维护条件下结构不发生严重风化、腐蚀、脱落、碳化,钢筋不发生锈蚀等。

1.3.2 结构的极限状态

整个结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能要求,则此状态称为该功能的极限状态。所以极限状态就是区分结构可靠与失效的界限状态。

结构的极限状态可分为承载能力极限状态和正常使用极限状态两类。