



面向21世纪课程教材

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

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

(第五版)

东南大学 天津大学 同济大学 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
普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

教育部 2009 年度普通高等教育精品教材
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

(第五版)

东南大学 程文灏
天津大学 王铁成 主编
同济大学 颜德姮
清华大学 叶列平 主审

中国 建 筑 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/程文瀾等主编. —5 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 11
(面向 21 世纪课程教材. 普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 教育部 2009 年度普通高等教育精品教材. 高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材)

ISBN 978-7-112-13727-5

I. ①混… II. ①程… III. ①混凝土结构-教材
IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 224552 号

面向 21 世纪课程教材 普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

教育部 2009 年度普通高等教育精品教材
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

(第五版)

东南大学 程文瀾

天津大学 王铁成 主编

同济大学 颜德姮

清华大学 叶列平 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

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 19 $\frac{1}{4}$ 字数: 410 千字

2012 年 1 月第五版 2012 年 1 月第三十二次印刷

定价: 48.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-13727-5

(21506)

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—2010)编写，内容包括：绪论，混凝土结构材料的物理力学性能，受弯构件的正截面受弯承载力、斜截面承载力，受压构件的截面承载力，受拉构件的截面承载力，受扭构件的扭曲截面承载力，变形、裂缝及延性和耐久性，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：李志立

责任校对：姜小莲 刘 钰

第五版前言

在编写第五版时，感到压力特别大。一是因为这本教材的发行量一直很大。二是因为本教材的老前辈，清华大学滕智明教授、东南大学丁大钧教授、本教材的主审清华大学江见鲸教授以及主要编写成员东南大学蒋永生教授都相继离开了我们。这就鞭策我们必须把本教材修订好，以不辜负大家和前辈们的殷切期望。

本教材是教育部确定的普通高等教育“十一五”国家级规划教材；同时本教材已被住房和城乡建设部评为普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材；也被高校土木工程专业指导委员会评为规划推荐教材。本套教材正在申报普通高等教育“十二五”国家级规划教材。

第五版是在第四版的基础上修订的，仍分为上、中、下三册；章、节都没有大的变动。这次修订，除了按新修订的《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）和《砌体结构设计规范》（GB 50003—2012）进行修改外，还主要做了以下工作：

1. 对每一章都给出了教学要求，分为基本概念、计算能力和构造要求三方面，并都分为三个档次：对概念，分为“深刻理解”、“理解”和“了解”；对计算，分为“熟练掌握”、“掌握”和“会做”；对构造，分为“熟悉”、“领会”和“识记（知道）”。

2. 进一步突出重点内容，进一步讲清了难点内容。例如，增加了无腹筋梁斜截面受剪承载力的实验；给出了排架计算例题；用两个控制条件讲清了梁内负钢筋的截断；用控制截面的转移讲清了偏心受压构件的 $P-\delta$ 效应；把小偏心受压分成三种情况，并用两个计算步骤讲清了矩形截面非对称配筋小偏心受压构件截面承载力的设计等。并且对重要的内容，采用黑体字。

3. 为了贯彻规范提出的“宜采用箍筋作为承受剪力的钢筋”，并与我国常规设计接轨，在楼盖设计中，不再采用弯起钢筋，并介绍了钢筋的平面表示法。

4. 全面地修改和补充了计算例题。

5. 为了方便教学，对本教材的上册制作了教学光盘。

担任本教材主审的是清华大学博士生导师、教授叶列平博士。

制作本教材教学光盘的是清华大学硕士、东京大学博士，现在北京建筑工程学院任教的祝磊副教授。

编写本教材第五版的分工如下：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、10章）、顾蕙若（第4章）、李砚波（第5、6章）、康谷贻（第3、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）、张娟秀（第19章）、吴文清（第20章）。熊文（第16、18章）有些图是东南大学硕士研究生高海平画的。

在编写过程中，南昌大学熊进刚教授、常州工学院周军文、刘爱华教授、北京工业大学曹万林教授、北京建筑工程学院刘栋栋教授、南京林业大学黄东升教授、苏毅副教授、扬州大学曹大富教授、华中科技大学袁涌副教授、华北水利水电学院程远兵教授、太原理工大学张文芳教授、河海大学张富有副教授、贵州大学须亚平教授、深圳大学曹征良教授、西南交通大学林拥军教授、哈尔滨工业大学邹超英教授、山东科技大学韩金生博士、青岛理工大学隋杰英博士、上海师范大学建筑工程学院副教授赵世峰博士后、广东省惠州建筑设计院总工程师任振华博士、中国建筑科学研究院白生翔研究员等对本教材的内容提出了宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由程文灏主编的《混凝土结构学习辅导与习题精解》也同时进行了修订，补充了很多疑难问题的解答，供大家学习时参考。这本《混凝土结构学习辅导与习题精解》（第二版）也是由中国建筑工业出版社出版的。

限于水平，不妥的地方一定很多，欢迎批评指正。

编者
2011年9月

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学生用的。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》，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》(GB 50010—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 and 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、童启明、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 混凝土结构的环境类别	6
§ 1.5 学习本课程需要注意的问题	7
思考题.....	8
第 2 章 混凝土结构材料的物理力学性能	9
§ 2.1 混凝土的物理力学性能	9
§ 2.2 钢筋的物理力学性能.....	23
§ 2.3 混凝土与钢筋的粘结.....	29
思考题	34
第 3 章 受弯构件的正截面受弯承载力	35
§ 3.1 梁、板的一般构造.....	35
§ 3.2 受弯构件正截面的受弯性能.....	39
§ 3.3 正截面受弯承载力计算原理.....	47
§ 3.4 单筋矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算.....	53
§ 3.5 双筋矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算.....	60
§ 3.6 T形截面受弯构件正截面受弯承载力计算.....	66
思考题	72
习题	73
第 4 章 受弯构件的斜截面承载力	75
§ 4.1 概述.....	75
§ 4.2 斜裂缝、剪跨比及斜截面受剪破坏形态.....	76
§ 4.3 简支梁斜截面受剪机理.....	80
§ 4.4 斜截面受剪承载力的计算.....	82
§ 4.5 保证斜截面受弯承载力的构造措施.....	97
§ 4.6 梁、板内纵向钢筋的其他构造要求	106
思考题.....	108
习题.....	109

第5章 受压构件的截面承载力	111
§ 5.1 受压构件的一般构造要求	111
§ 5.2 轴心受压构件正截面受压承载力	113
§ 5.3 偏心受压构件正截面受压破坏形态	122
§ 5.4 偏心受压构件的二阶效应	126
§ 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	130
§ 5.6 矩形截面非对称配筋偏心受压构件正截面受压承载力 计算	134
§ 5.7 矩形截面对称配筋偏心受压构件正截面受压承载力 计算	146
§ 5.8 I形截面对称配筋偏心受压构件正截面受压承载力计算	150
§ 5.9 正截面承载力 N_u - M_u 的相关曲线及其应用	156
§ 5.10 偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	159
§ 5.11 型钢混凝土柱和钢管混凝土柱简介	161
思考题	166
习题	166
第6章 受拉构件的截面承载力	168
§ 6.1 轴心受拉构件正截面受拉承载力计算	168
§ 6.2 偏心受拉构件正截面受拉承载力计算	168
§ 6.3 偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算	171
思考题	172
习题	172
第7章 受扭构件的扭曲截面承载力	173
§ 7.1 概述	173
§ 7.2 纯扭构件的试验研究	174
§ 7.3 纯扭构件的扭曲截面承载力	176
§ 7.4 弯剪扭构件的扭曲截面承载力	185
§ 7.5 在轴向力、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	190
§ 7.6 协调扭转的钢筋混凝土构件扭曲截面承载力	191
§ 7.7 受扭构件的构造要求	192
思考题	197
习题	198
第8章 变形、裂缝及延性和耐久性	199
§ 8.1 钢筋混凝土构件的变形	199
§ 8.2 钢筋混凝土构件的裂缝宽度验算	212

§ 8.3 混凝土构件的截面延性	221
§ 8.4 混凝土结构的耐久性	226
思考题	230
习题	231
第9章 预应力混凝土构件	232
§ 9.1 概述	232
§ 9.2 预应力混凝土轴心受拉构件的设计计算	253
§ 9.3 预应力混凝土受弯构件的设计计算	268
§ 9.4 预应力混凝土构件的构造要求	282
§ 9.5 部分预应力混凝土与无粘结预应力混凝土	285
思考题	287
习题	288
附录1 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 的术语和符号	290
附 1.1 术语	290
附 1.2 符号	291
附录2 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 规定的材料力学性能指标	294
附表 2-1 混凝土轴心抗压强度标准值 (N/mm^2)	294
附表 2-2 混凝土轴心抗拉强度标准值 (N/mm^2)	294
附表 2-3 混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm^2)	294
附表 2-4 混凝土轴心抗拉强度设计值 (N/mm^2)	294
附表 2-5 混凝土的弹性模量 ($\times 10^4 \text{N}/\text{mm}^2$)	294
附表 2-6 混凝土受压疲劳强度修正系数 γ_p	294
附表 2-7 混凝土受拉疲劳强度修正系数 γ_p	295
附表 2-8 混凝土的疲劳变形模量 ($\times 10^4 \text{N}/\text{mm}^2$)	295
附表 2-9 普通钢筋强度标准值 (N/mm^2)	295
附表 2-10 预应力筋强度标准值 (N/mm^2)	295
附表 2-11 普通钢筋强度设计值 (N/mm^2)	296
附表 2-12 预应力筋强度设计值 (N/mm^2)	296
附表 2-13 普通钢筋及预应力筋在最大力下的总伸长率限值	297
附表 2-14 钢筋的弹性模量 ($\times 10^5 \text{N}/\text{mm}^2$)	297
附表 2-15 普通钢筋疲劳应力幅限值 (N/mm^2)	297
附表 2-16 预应力筋疲劳应力幅限值 (N/mm^2)	297
附录3 钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量	298
附表 3-1 钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量	298
附表 3-2 钢筋混凝土板每米宽的钢筋面积表 (mm^2)	298

附表 3-3	钢绞线的公称直径、公称截面面积及理论重量	299
附表 3-4	钢丝的公称直径、公称截面面积及理论重量	299
附录4	《钢筋混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 的有关规定	300
附表 4-1	受弯构件的挠度限值	300
附表 4-2	结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度的限值 (mm) ...	300
附表 4-3	混凝土保护层的最小厚度 c (mm)	301
附表 4-4	截面抵抗矩塑性影响系数基本值 γ_m	301
附表 4-5	纵向受力钢筋的最小配筋百分率 ρ_{\min} (%)	301
附表 4-6	框架柱轴压比限值	302

第 1 章 绪 论

教学要求：

1. 理解配筋的作用与要求；
2. 了解混凝土结构的主要优缺点和发展概况；
3. 了解混凝土结构的功能、极限状态知识和环境类别。

§ 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加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与砌体结构设计，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

混凝土的抗压性能较强而抗拉性能很弱，钢筋的抗拉能力则很强。因此，在混凝土中配置适量的受力钢筋，并使得混凝土主要承受压力，钢筋主要承受拉力，就能起到充分利用材料，提高结构承载能力和变形能力的作用。

图 1-1 (a) 所示的素混凝土简支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

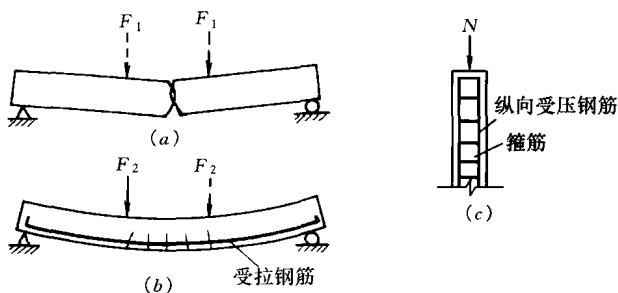


图 1-1 简支梁和轴心受压柱受力示意图

(a) 素混凝土梁；(b) 钢筋混凝土梁；(c) 钢筋混凝土轴心受压柱

受相当大的荷载，并在受拉钢筋达到屈服强度以后，荷载还可略有增加，直到受压区边缘混凝土被压碎，梁才破坏。破坏前，变形较大，有明显预兆，属于延性破坏类型，是工程中所希望和要求的。可见，在素混凝土梁内合理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，以提高柱子的受压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，为满足两种材料共同受力的要求创造了前提条件。

同时，在钢筋混凝土结构和构件中，受力钢筋的布置和数量都应由计算和构造要求确定，施工也要正确。

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。