

建筑结构 (第2版)

JIANZHU JIEGOU

主编 曹孝柏 郭清燕 毕俊岭

主审 李 辉 王运政



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建 筑 结 构

(第2版)

主 编 曹孝柏 郭清燕 毕俊岭
副主编 张建新 董远林 孟胜国 张忠良
参 编 靳雪梅 胡小勇 封文静 王 锦
 韩 哲 夏 欢 王军芳
主 审 李 辉 王运政

内 容 提 要

本书按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)及相关规范编写而成。全书共13章,内容主要包括钢筋和混凝土的力学性能,建筑结构的基本设计原则,受弯构件、受扭构件、受压构件、受拉构件承载力计算,预应力混凝土构件,钢筋混凝土梁板结构,单层厂房排架结构,多高层框架结构,钢结构,砌体结构以及建筑结构抗震设计等。

本书可作为高等院校土建学科工程管理专业的教材,也可作为土建类相关专业的教材以及土建技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构/曹孝柏,郭清燕,毕俊岭主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社,2014.8
ISBN 978-7-5640-9635-9

I. ①建… II. ①曹… ②郭… ③毕… III. ①建筑结构—高等学校—教材 IV. ①TU3
中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第196014号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京紫瑞利印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/20

字 数/499千字

版 次/2014年8月第2版 2014年8月第1次印刷

定 价/52.00元

责任编辑/张慧峰

文案编辑/张慧峰

责任校对/周瑞红

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

第2版前言

建筑结构是高等院校土建学科工程管理专业的主干课程之一，主要包括混凝土结构、砌体结构、钢结构三类结构体系以及建筑抗震基本知识，主要研究一般房屋建筑结构的特点、结构构件布置原则、结构构件的受力特点及破坏形态、简单结构构件的设计原理和设计计算、建筑结构的有关构造要求以及结构施工图等内容。

近年来，随着我国建筑结构技术及其应用的迅速发展，新材料、新技术、新工艺得到了广泛应用。为此，国家对建筑结构设计相关规范进行了全面修订。本书以全国高等教育土建类专业教学指导委员会制订的教育标准和培养方案及主干课程教学大纲为指导，以适应社会需求为目标，以国家现行建筑结构设计相关规范为依据，以培养技术能力为主线组织编写。在编写时充分考虑土建工程专业的深度和广度，以“必需、够用”为度，以“讲清概念、强化应用”为重点，深入浅出，注重实用。

通过对本书的学习，学生可了解建筑结构的基本设计原理，掌握钢筋、混凝土及砌体材料的力学性能，以及钢筋混凝土结构、砌体结构和各种基本构件的受力特点，掌握一般房屋建筑的结构布置、截面选型及基本构件的设计计算方法，正确理解国家建筑结构设计规范中的有关规定，正确进行截面设计等，同时能处理建筑结构施工中的一般问题，逐步培养和提高综合应用能力，为从事房屋建筑工程设计、施工及项目管理工作打下良好的基础。

本书共13章，从钢筋和混凝土的力学性能、建筑结构的基本设计原则、受弯构件承载力计算、受扭构件承载力计算、受压构件承载力计算、受拉构件承载力计算、预应力混凝土构件、钢筋混凝土梁板结构、单层厂房排架结构、多高层框架结构、钢结构、砌体结构以及建筑结构抗震设计等方面介绍了建筑结构设计原理、计算方法等基础知识，并配有大量例题，以帮助学生理解、消化所学内容。

本书内容翔实，系统全面，注重理论联系实际及教学互动。为方便教学，在各章前设置学习重点和学习目标，各章后设置本章小结和思考与练习，从更深层次给学生以思考、复习的提示，由此构建了“引导—学习—总结—练习”的教学模式。

本书由曹孝柏、郭清燕、毕俊岭担任主编，张建新、董远林、孟胜国、张忠良担任副主编，靳雪梅、胡小勇、封文静、王锦、韩哲、夏欢、王军芳参与了本书部分章节的编写，李辉、王运政审阅了全书。本书在修订过程中，除了按新规范进行修改外，仍然保持本书第1版中说明清楚、简明扼要、便于教学、便于自学等特点。本书既可作为高等院校工程管理类专业的教材，也可作为建筑工程技术人员的参考用书。

本书在修订过程中参阅了国内同行多部著作，部分高等院校教师提出了很多宝贵意见，在此向他们表示衷心的感谢！

本书虽经推敲核证，但由于编者的专业水平和实践经验有限，仍难免有疏漏或不妥之处，恳请广大读者指正。

编 者

第1版前言

建筑结构是高等院校土建学科工程管理类专业的主干课程之一,包括混凝土结构、砌体结构和钢结构三类结构体系,主要研究一般房屋建筑结构的特点、结构构件布置原则、结构构件的受力特点及破坏形态、简单结构构件的设计原理和设计计算、建筑结构的有关构造要求以及结构施工图等内容。

近年来,随着我国建筑结构技术及其应用的迅速发展,新材料、新技术、新工艺得到了广泛应用。为此,国家对建筑结构设计相关规范进行了全面修订。本教材以适应社会需求为目标,以国家现行建筑结构设计相关规范为依据,以培养技术能力为主线组织编写。在编写时充分考虑工程管理类专业的深度和广度,以“必需、够用”为度,以“讲清概念、强化应用”为重点,深入浅出,注重实用。

通过对本教材的学习,学生可了解建筑结构的基本设计原理,掌握钢筋、混凝土及砌体材料的力学性能,以及钢筋混凝土结构、砌体结构和各种基本构件的受力特点,掌握一般房屋建筑的结构布置、截面选型及基本构件的设计计算方法,正确理解国家建筑结构设计规范中的有关规定,正确进行截面设计等,同时能处理建筑结构施工中的一般问题,逐步培养和提高综合应用能力,为从事房屋建筑工程设计、施工及项目管理工作打下良好的基础。

本教材共分为十三章,从钢筋和混凝土的力学性能、建筑结构的基本设计原则、受弯构件、受扭构件、受压构件、受拉构件、预应力混凝土构件、钢筋混凝土梁板结构、单层厂房排架结构、多高层框架结构、钢结构、砌体结构以及建筑结构抗震设计等方面详细讲解了建筑结构设计原理、计算方法等基础知识,并配有大量例题,以帮助学生理解、消化所学内容。

本教材内容翔实,系统全面,并注重理论联系实际以及教学互动。为方便教学,在各章前设置【学习重点】和【培养目标】,各章后设置【本章小结】和【思考与练习】,从更深层次给学生以思考、复习的提示,由此构建了“引导—学习—总结—练习”的教学模式。

本教材由刘雁宁、郭清燕、张秀丽担任主编，申桂英、孙敏、汪一鸣、高秀青担任副主编，靳雪梅、刘建帮参与编写。本教材既可作为高等院校工程管理类专业教材，也可作为建筑工程技术人员的参考用书。

本教材在编写过程中参阅了国内同行多部著作，部分高等院校教师提出了很多宝贵意见，在此表示衷心的感谢！

本教材虽经推敲核证，但由于编者的专业水平和实践经验有限，仍难免有疏漏或不妥之处，恳请广大读者指正。

编 者

目 录

绪论·····	1
---------	---

第一篇 混凝土结构

第一章 钢筋和混凝土的力学性能·····	3
第一节 钢筋的性能及要求·····	3
第二节 混凝土的力学性能·····	7
第三节 钢筋与混凝土之间的粘结·····	10
第二章 建筑结构设计的基本原则·····	14
第一节 建筑结构设计的功能要求和极限状态·····	14
第二节 极限状态设计法·····	16
第三章 受弯构件承载力计算·····	22
第一节 受弯构件正截面承载力计算·····	22
第二节 受弯构件斜截面受剪承载力计算·····	43
第三节 受弯构件裂缝宽度及变形验算·····	48
第四章 受扭构件承载力计算·····	61
第一节 纯扭构件承载力计算·····	61
第二节 弯剪扭构件承载力计算·····	63
第五章 受压构件承载力计算·····	70
第一节 受压构件概述·····	70
第二节 轴心受压构件承载力计算·····	74

第三节 偏心受压构件承载力计算·····	76
第六章 受拉构件承载力计算·····	91
第一节 轴心受拉构件承载力计算·····	91
第二节 偏心受拉构件承载力计算·····	92
第七章 预应力混凝土构件·····	97
第一节 预应力混凝土概述·····	97
第二节 施加预应力的方法、锚具和夹具·····	101
第三节 张拉控制应力和预应力损失·····	102
第四节 预应力混凝土构件的构造要求·····	106
第八章 钢筋混凝土梁板结构·····	111
第一节 钢筋混凝土平面楼盖的组成及结构类型·····	111
第二节 单向板肋梁楼盖的设计·····	112
第三节 双向板肋梁楼盖的设计·····	125
第四节 装配式楼盖的设计·····	128
第五节 楼梯的设计·····	133
第六节 雨篷的设计·····	136
第九章 单层厂房排架结构·····	140
第一节 单层厂房的组成和布置·····	140
第二节 排架结构荷载及内力计算·····	149
第三节 单层厂房柱的设计·····	157
第十章 多高层框架结构·····	170
第一节 框架结构的组成和布置·····	170
第二节 框架结构的荷载·····	176
第三节 框架结构的构造要求·····	178

第二篇 钢结构

第十一章 钢结构·····	184
第一节 钢结构概述·····	184

第二节	钢结构的材料·····	185
第三节	钢结构的连接·····	193
第四节	钢构件的计算·····	209
第五节	钢屋盖的设计·····	215

第三篇 砌体结构

第十二章	砌体结构·····	223
第一节	砌体结构概述·····	223
第二节	砌体材料及砌体的力学性能·····	226
第三节	无筋砌体构件·····	236
第四节	砌体构件的构造要求·····	244

第四篇 建筑结构抗震

第十三章	建筑结构抗震设计·····	255
第一节	地震基础知识·····	255
第二节	抗震设防与概念设计·····	259
第三节	建筑场地和地基基础抗震设计·····	264
第四节	多层框架结构抗震设计·····	270
第五节	多层砌体结构抗震设计·····	279
附录	常用数据·····	287
参考文献	·····	310

绪 论

一、建筑结构的分类及其应用

建筑结构是指建筑物中由若干个基本构件按照一定组成规则,通过符合规定的连接方式所组成的能够承受并传递各种作用的空间受力体系,又称为骨架。建筑结构按承重结构所用材料的不同,可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构等;按承重结构类型,可分为框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构、排架结构、网架结构、悬索结构、壳体结构等。

混凝土结构是指以混凝土为主要材料制作而成的结构。它包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。

素混凝土结构是指无筋或不配置受力钢筋的混凝土结构。它由于承载力低、性质脆,很少用来作为重要的承力结构。

钢筋混凝土结构是指用钢筋作为配筋且配置受力钢筋的普通混凝土结构。

预应力混凝土结构是指在混凝土或钢筋混凝土结构制作时,在其特定的部位上,通过张拉受力钢筋或采用其他方法,人为地预先施加应力的混凝土结构。

砌体结构是指由块体和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物的主要受力构件的结构。它是砖砌体、砌块砌体和石砌体结构的统称。

钢结构是指建筑物的主要承重构件全部由钢板或型钢制成的结构。

二、我国建筑结构发展简介

我国应用最早的建筑结构是砖石结构和木结构。建于隋代大业年间(605—618年),由著名匠师李春设计和建造的河北赵县的赵州桥是世界上最早的空腹式单孔圆弧石拱桥。山西五台山佛光寺大殿(建于公元857年)、66 m高的应县木塔(建于1056年)均为别具一格的梁、柱木结构承重体系。

我国也是采用钢铁结构最早的国家。公元60年前后(汉明帝时代)使用铁索建桥(比欧洲早70多年)。我国用铁造房的历史也比较悠久,如现存的湖北荆州玉泉寺的13层铁塔建于宋代,已有1500年的历史。

改革开放以来,我国的建设事业蓬勃发展,已建成的高层建筑有数万幢,其中超过150 m的有200多幢。我国香港特别行政区的中环大厦建成于1993年,78层,高374 m,是当时世界上最高的钢筋混凝土结构建筑。上海浦东的金茂大厦建成于1999年,88层,高420.5 m,属钢和混凝土混合结构,是当时我国内地第一、世界第四高度的高层建筑。我国台湾地区的国际金融中心大厦建成于2005年,101层,高508 m,属钢和混凝土混合结构,是当时世界第一高度的高层建筑。

三、建筑结构课程的内容及学习要求

建筑结构是土建大类工程管理类专业的主干课程之一，主要包括混凝土结构、砌体结构、钢结构三类结构体系和建筑抗震相关知识，主要研究一般房屋建筑结构的特点、结构构件布置原则、结构构件的受力特点及破坏形态、简单结构构件的设计原理和设计计算、建筑结构的有关构造要求以及结构施工图等内容。

学习本课程，应了解建筑结构的基本设计原理，掌握钢筋、混凝土及砌体材料的力学性能，以及由其组成的钢筋混凝土结构、砌体结构和各种基本构件的受力特点，掌握一般房屋建筑的结构布置、截面选型及基本构件的设计计算方法，正确理解国家建筑结构设计规范中的有关规定，并能够正确进行截面设计等，同时能处理建筑结构施工中的一般结构问题，逐步培养和提高理论联系实际的综合应用能力，为将来从事房屋建筑工程设计、施工及项目管理工作打下良好的基础。

四、建筑结构课程的特点及学习方法

在建筑结构课程的学习过程中，要注意以下几点，并运用相应的学习方法：

(1)正确理解和使用计算公式。建筑结构中的公式都是建立在科学或工程实践基础上的，因此，要理解公式的基本假定，注意公式的适用范围和限制条件。

(2)注意结构设计的综合性。建筑结构设计的任务是选择适用、经济的结构方案，并通过承载力计算、变形验算及其配筋构造等，确定结构的设计方案。在相同荷载作用下，有多种可行的截面形式、尺寸和不同的材料选择及其不同的配筋方式与数量，即其方案具有多样性，需综合考虑结构的安全性、经济性、施工方便等因素确定最合理的方案。同时，应满足设计规范的要求。设计规范是国家颁布的关于设计计算和构造要求的技术规定和标准，是具有约束性和立法性的文件，其目的是使工程结构在符合国家经济政策的条件下，保证设计的质量和工程项目的安全可靠。在本课程的学习中，有关基本理论的应用最终都要落实到规范的具体规定中。通过本课程的学习，应进一步熟悉、掌握和正确应用有关现行结构设计规范和标准。

(3)在基础扎实的基础上注重实践。建筑结构跟力学、房屋建筑学、建筑材料等课程密切相关，它为建筑施工和建筑预算等提供了依据。学习建筑结构需要具备扎实的基础，还要与实践相结合，结合教学去施工现场等参观学习，真正做到理论联系实际。

第一篇 混凝土结构

第一章 钢筋和混凝土的力学性能

学习重点

钢筋的性能及要求；混凝土的力学性能；钢筋与混凝土之间的粘结。

学习目标

了解钢筋的分类及性能；了解混凝土的变形、收缩及徐变；熟悉钢筋与混凝土之间的粘结作用。

第一节 钢筋的性能及要求

一、钢筋的分类

混凝土结构用钢筋按化学成分可分为碳素钢和普通低合金钢。根据含碳量的不同，碳素钢又分为低碳钢(含碳量 $<0.25\%$)、中碳钢(含碳量为 $0.25\% \sim 0.60\%$)、高碳钢(含碳量 $>0.60\%$)。含碳量越高，强度越高，但塑性和可焊性下降。工程中常用低碳钢。普通低合金钢是在碳素钢的基础上，再加入微量的合金元素，如硅、锰、钒、钛、铌等，目的是提高钢材的强度，改善钢材的塑性性能。

钢筋按生产加工工艺和力学性能的不同，分为普通钢筋和预应力钢筋。普通钢筋为低碳钢，由普通低合金钢在高温状态下轧制而成，如 HPB300 级、HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级钢筋。预应力钢筋可分为热处理钢筋和预应力钢丝。热处理钢筋是将强度大致相当于 HRB400 级钢筋的某些特定钢号的钢筋经淬火和回火处理后制成，其强度可大幅度提高，而塑性降低不大。预应力钢丝由高碳钢筋经多次冷拔而成，包括光面钢丝、刻痕钢丝、钢绞线(用光面钢丝绞织而成)，钢筋直径越细强度就越高。

钢筋按其外形不同，分为光面钢筋和带肋钢筋。带肋钢筋有螺纹钢、人字纹钢筋和月牙纹钢筋。目前常用的是月牙纹钢筋，如图 1-1 所示。通常带肋钢筋直径不小于 10 mm，光面钢筋直径不小于 6 mm。

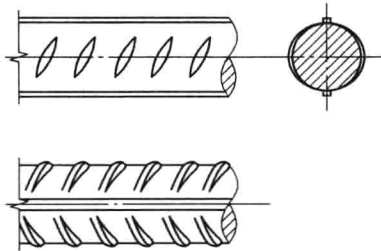


图 1-1 月牙纹钢筋

二、钢筋的强度和变形

钢筋的强度和变形方面的性能主要通过钢筋的应力-应变曲线来表示。

有明显屈服点的钢筋的典型应力-应变曲线如图 1-2(a) 所示。图中在 a 点以前，钢筋处于弹性阶段，应力与应变成正比， a 点的钢筋应力即为钢筋的屈服强度 f_y ，直线 Oa 的斜率为钢筋的弹性模量 E_s 。过 a 点后，应变较应力增长快。到达 b 点，钢筋开始屈服，其强度与加荷速度、截面形式、试件表面光洁度等多种因素有关，很不稳定， b 点称为屈服上限。超过 b 点后，进入强化阶段，钢筋的应力下降到 c 点，在应力基本保持不变的情况下，应变显著增加产生较大的塑性变形，但比较稳定， c 点称为屈服下限或屈服点。与 c 点所对应的应力称为屈服强度，以 σ_s 表示，水平 cd 段称为屈服台阶或流幅。过 d 点后，钢筋还能继续承载，应力应变继续加大，到达 e 点后钢筋产生颈缩现象，应力开始下降，但应变仍能继续增长，至 f 点试件被拉断。 e 点对应的应力称为抗拉强度极限 σ_b ，曲线的 de 段称为强化阶段， ef 段称为颈缩下降阶段。

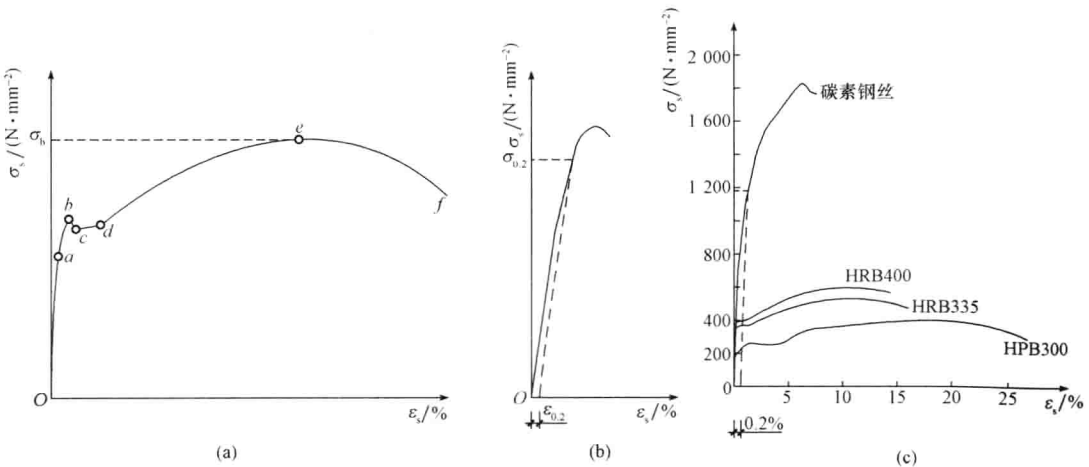


图 1-2 钢筋的应力-应变曲线

(a)有明显屈服点；(b)无明显屈服点；(c)各级钢筋的应力-应变曲线

在钢筋混凝土构件计算中，一般取钢筋的屈服强度作为强度计算指标。

无明显屈服点的钢筋的典型应力-应变曲线如图 1-2(b) 所示。由图中可见，它没有明显的屈服平台，其强度很高，但延伸率大为降低，塑性性能减弱。设计上取相应于残余应变为 0.2% 的应力为名义屈服强度 $\sigma_{0.2}$ ，约为国家标准的抗拉强度极限 σ_b 的 85%。

图 1-2(c) 为各级钢筋的应力-应变曲线。从图中可以看出，普通钢筋应力-应变曲线都有明显的屈服点，这种钢筋即为低碳钢，亦称软钢。没有明显屈服点的热处理钢筋和钢丝，称为硬钢。

对于抗震结构，钢筋应力在地震作用下可考虑进入强化阶段，为了保证结构在强震下“裂而不倒”，对钢筋的极限抗拉强度与屈服强度的比值有一定的要求，一般不小于 1.25。钢筋在弹性阶段应力与应变的比值，称为弹性模量，用 E_s 表示。

$$E_s = \frac{\sigma_s}{\epsilon_s} \quad (1-1)$$

三、钢筋的塑性性能

钢筋的伸长率是反映钢筋塑性性能的基本指标。钢筋试件拉断后的伸长值与原长的比值称为伸长率。伸长率越大，塑性性能越好。冷弯是将直径为 d 的钢筋绕直径为 D 的钢辊进行弯曲，如图 1-3 所示，弯成一定的角度而不发生断裂，并且无裂纹、鳞落或断裂现象，即认为钢筋的弯曲性能符合要求。通常 D 值越小， α 值越大，则其弯曲性能、塑性性能就越好。

屈服强度、极限抗拉强度、伸长率和冷弯性能是有明显屈服点钢筋进行质量检验的四项主要指标。表 1-1 列出了热轧钢筋的屈服强度、抗拉强度、抗压强度、总伸长率、弹性模量等各项指标。

表 1-1 常用钢筋的力学性能指标

钢筋级别	符号	公称直径 d/mm	屈服强度标准值 f_{yk} $/(\text{N} \cdot \text{mm}^{-2})$	抗拉强度设计值 f_y $/(\text{N} \cdot \text{mm}^{-2})$	抗压强度设计值 f'_y $/(\text{N} \cdot \text{mm}^{-2})$	总伸长率 δ_{gt} $\%$	弹性模量 E_s $/(\text{N} \cdot \text{mm}^{-2})$
HPB300	Φ	6~22	300	270	270	10.0	2.10
HRB335	Φ	6~50	335	300	300	7.5	2.00
HRBF335	Φ^F					7.5	
HRB400	Φ	6~50	400	360	360	7.5	2.00
HRBF400	Φ^F					7.5	
RRB400	Φ^R					5.0	
HRB500	Φ	6~50	500	435	410	7.5	2.00
HRBF500	Φ^F					7.5	

四、钢筋的冷加工

为了节约钢材，在常温下对有明显屈服点的钢筋(软钢)进行机械冷加工，可以使钢材内部组织结构发生变化，从而提高钢材的强度，但其塑性会有所降低。

冷拉是在常温条件下，把钢筋应力拉到超过其原有的屈服点，然后完全放松，使钢材内部组织结构发生变化，从而提高其强度(图 1-4)。冷拉只能提高钢筋的抗拉屈服强度，却不能提高其抗压屈服强度。故当用冷拉钢筋作受压钢筋时，其屈服强度与母材相同。

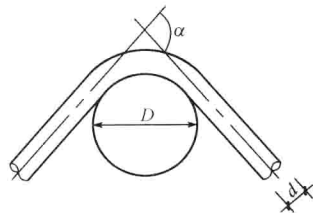


图 1-3 钢筋的冷弯

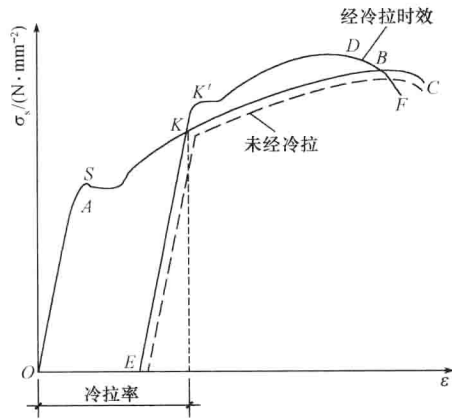


图 1-4 钢筋冷拉后的应力-应变曲线

冷拔是将钢筋(盘条)用强力拔过比它本身直径还小的硬质合金拔丝模，这是钢筋同时

受到纵向拉力和横向压力的作用以提高其强度的一种加工方法。钢筋经多次冷拔后，截面变小而长度增加，强度比原来提高很多，但塑性降低，硬度提高，冷拔后钢丝的抗压强度也得到提高。

经过冷拉和冷拔的钢筋(钢丝)加热后，其力学性能将发生变化。钢材硬化的消失和原有性能的恢复，都需要有一定的高温延续时间。因此，在焊接时如果采用适当的焊接方法，严格控制高温持续时间，则在焊接后可有效避免钢筋屈服强度或极限强度值过分降低。

五、混凝土结构对钢筋性能的要求

混凝土结构对钢筋性能的要求主要有以下四个方面：有较高的强度和适宜的屈强比；有较好的塑性；具有较好的焊接性能；与混凝土之间具有良好的粘结作用。

对于有抗震要求的混凝土结构用钢筋，除上述一般要求外，还有以下几个具体要求：

(1)抗震等级为一、二级的框架结构，其纵向受力钢筋采用普通钢筋时，应满足：

1)钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值(强屈比)不应小于 1.25，目的是为了保证当构件某个部位出现塑性铰后，塑性铰处有足够的转动能力与耗能能力。

2)钢筋的屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.3，目的是为了满足不同结构设计中强柱弱梁、强剪弱弯的设计要求。

(2)普通钢筋宜优先采用延性、韧性和可焊性较好的钢筋。纵向受力钢筋宜选用 HRB335 级和 HRB400 级热轧钢筋，箍筋宜选用 HRB335 级、HRB400 级热轧钢筋和 HPB300 级普通钢筋。

对于钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构用钢筋，我国现行《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(以下简称《设计规范》)规定，普通钢筋宜采用 HRB335 级和 HRB400 级钢筋，也可采用 HPB300 级和 HRB400 级钢筋；预应力钢筋宜采用预应力钢绞线、钢丝，也可采用热处理钢筋。

六、钢筋的选用

钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构的钢筋，应按如下规定采用：

1. 普通钢筋

普通钢筋是指用于钢筋混凝土结构中的钢筋和预应力混凝土结构中的非预应力钢筋。

(1)纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400 级、HRB500 级、HRBF400 级、HRBF500 级钢筋，也可采用 HPB300 级、HRB335 级、HRBF335 级、RRB400 级钢筋。

(2)梁、柱纵向受力普通钢筋应采用 HRB400 级、HRB500 级、HRBF400 级、HRBF500 级钢筋。

(3)箍筋宜采用 HRB400 级、HRBF400 级、HPB300 级、HRB500 级、HRBF500 级钢筋，也可采用 HRB335 级、HRBF335 级钢筋。

2. 预应力钢筋

预应力筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。

3. 普通钢筋的直径

普通钢筋的常用直径有：6 mm、8 mm、10 mm、12 mm、14 mm、16 mm、18 mm、20 mm、22 mm、25 mm、28 mm 等，在柱中还有更大直径的钢筋。

第二节 混凝土的力学性能

一、混凝土的强度

1. 混凝土立方体抗压强度及强度等级

立方体抗压强度是衡量混凝土强度高低的的基本指标值，是确定混凝土强度等级的依据。《设计规范》规定，按照标准方法制作养护边长为 150 mm 的立方体试件，在 28 d 龄期用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度作为混凝土的立方体抗压强度标准值，用 $f_{cu,k}$ 表示，单位为 N/mm^2 (MPa)。

《设计规范》根据混凝土立方体抗压强度标准值，将混凝土划分为 14 个强度等级，分别以 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80 表示。一般将 C50 以上的混凝土称为高强度混凝土。

2. 混凝土轴心抗压强度

在工程中，钢筋混凝土受压构件的尺寸，往往是高度 h 比截面的边长 b 大很多，形成棱柱体，用棱柱体试件测得的抗压强度称为轴心抗压强度。试验时，棱柱体试件的高宽比 h/b 通常为 3~4，常用试件尺寸为 100 mm×100 mm×300 mm 和 150 mm×150 mm×450 mm。

轴心抗压强度的试件是在与立方体试件相同条件下制作的，经测试其数值要小于立方体抗压强度，根据我国所做的混凝土棱柱体与立方体抗压强度对比试验的结果，它们的比值大致在 0.70~0.92 的范围内变化，强度大的比值大一些。

3. 混凝土轴心抗拉强度

混凝土的抗拉强度很低，与立方体抗压强度之间为非线性关系，一般只有其立方体抗压强度的 1/17~1/8。

混凝土强度标准值见表 1-2。

表 1-2 混凝土强度标准值

N/mm^2

强度 种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_{ck}	10.0	13.4	16.7	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2
f_{tk}	1.27	1.54	1.78	2.01	2.20	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11

注： f_{ck} 指混凝土轴心抗压强度标准值， f_{tk} 指混凝土轴心抗拉强度标准值。

4. 复合应力状态下的混凝土强度

在实际混凝土结构中，混凝土处于单向应力状态的情况很少，往往都处于三向复合压应力状态。在复合应力状态下，混凝土的强度和变形性能与单轴应力状态下有明显的不同。

混凝土三向受压时，混凝土一向的抗压强度随另两向压应力的增加而增大，并且混凝土的极限压应变也大大增加。这是由于侧向压力约束了混凝土的横向变形，抑制了混凝土内部裂缝的出现和发展，使得混凝土的强度和延性均有明显提高。利用三向受压可使混凝土抗压强度得以提高这一特性，在实际工程中可将受压构件做成“约束混凝土”，以提高混凝土的抗压强度和延性。常用的有配置密排侧向箍筋、螺旋箍筋柱及钢管混凝土柱等。