

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

混凝土结构与砌体结构

(上册)

尹维新 主编 李靖颀 副主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

混凝土结构与砌体结构

(上册)

尹维新 主 编
李靖颀 副主编
刘良伟 主 审



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是根据高等职业技术学院和高等专科学校房屋建筑工程专业的教学基本要求,按照国家最新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)和《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)等规范编写的。全书分上、下两册。本书为上册,内容包括绪论,钢筋和混凝土材料的力学性能,结构设计基本原则,受弯构件正截面和斜截面承载力计算,受扭、受压及受拉构件承载力计算,钢筋混凝土构件的裂缝及变形验算,混凝土梁板结构的设计等。同时配有典型例题和一定数量的思考题、习题及设计示例。

本书除作为高职高专房屋建筑工程专业的教学用书外,还可作为成人教育土建类有关专业的教学用书,以及土木工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构与砌体结构/尹维新主编. —北京:中国电力出版社, 2004

高职高专“十五”规划教材

ISBN 7-5083-1681-9

I. 混… II. 尹… III. ①混凝土结构-高等学校: 技术学校-教材②砌块结构-高等学校: 技术学校-教材
IV. ①TU37②TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 002177 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

三河汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 2 月第一版 2004 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14 印张 318 千字

印数 0001—4000 册 (上、下册) 定价 43.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)



随着新世纪的到来,我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。新世纪新阶段的新任务,对我国高等职业教育提出了新要求。我国加入世界贸易组织和经济全球化迅速发展的新形势,也要求高等职业教育必须开创新局面。

高职高专教材建设是高等职业教育的重要组成部分,是一项极具重要意义的基础性工作,对高等职业教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,进一步推动高等职业教育的发展,加强高职高专教材建设,根据教育部关于通过多层次的教材建设,逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神,中国电力教育协会会同中国高等职业技术教育研究会和中国电力出版社,组织有关专家对高职高专“十五”教材规划工作进行研究,在广泛征求各方面意见的基础上,制订了体现高等职业教育特色的高职高专“十五”教材规划。

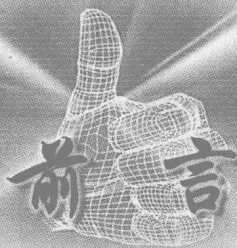
高职高专“十五”规划教材紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展编写工作。基础课程教材注重体现以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点;专业课程教材着重加强针对性和实用性。同时,“十五”规划教材不仅注重内容和体系的改革,还注重方法和手段的改革,以满足科技发展和生产实际的需求。此外,高职高专“十五”规划教材还着力推动高等职业教育人才培养模式改革,促进高等职业教育协调发展。相信通过我们的不断努力,一批内容新、体系新、方法新、手段新,在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材,很快就能陆续推出,力争尽快形成一纲多本、优化配套,适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在高职高专“十五”教材规划的组织实施过程中,得到了教育部、国家电力公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会、中国电力出版社、有关院校和广大教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务,不可能一蹴而就,需要不断完善。因此,在教材的使用过程中,请大家随时提出宝贵的意见和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416222)

中国电力教育协会

二〇〇二年十二月



06-0000
05-1111
04-2222
03-3333
02-4444
01-5555
00-6666
00-7777
00-8888
00-9999

本书是根据高等职业技术学院和高等专科学校房屋建筑工程专业的教学基本要求,按照国家最新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)和《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)等规范编写的。本书主要作为高职高专房屋建筑工程专业的教学用书,也可作为成人教育土建类有关专业的教学用书,以及土木工程技术人员的参考书。

全书分上、下两册。上册内容包括绪论,钢筋和混凝土材料的力学性能,结构设计基本原则,受弯构件正截面和斜截面承载力计算,受扭、受压及受拉构件承载力计算,钢筋混凝土构件的裂缝及变形验算,混凝土梁板结构。下册内容包括预应力混凝土构件、单层厂房结构、框架结构与砌体结构的设计及有关构造要求。同时,书中主要章节均配有针对性较强的例题、思考题和习题,并附有预应力混凝土构件、梁板结构、单层厂房结构、框架结构等设计计算示例。

根据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》精神和高职高专房屋建筑工程专业的培养目标,本书在编写过程中,力求基本概念清晰准确;基本理论简明扼要,以必需够用为度;设计计算方法及步骤齐全,举例详实满足工程要求;符合现行国家标准,反映新材料、新技术、新理论;突出实用性,满足应用型高等专门人才培养要求;文字简炼,体系完整,便于讲授,有利自学。

参加本书编写工作的有:山西大学工程学院尹维新(绪论、第一章、第二章、第十一章),刘红宇(第十三章),太原大学李靖颀(第四章、第九章),山西建筑职业技术学院段春花(第三章、第五章、第八章、第十二章),太原城市职业技术学院那瑞萍(第六章、第七章、第十章)。全书由尹维新任主编,李靖颀任副主编。太原理工大学刘良伟教授担任主审。

本书在编写过程中,参考并引用了所列参考文献等有关资料,在此向作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中不妥与错误之处,敬请批评指正。

编 者

2003年9月

目 录

序 前言

上 册

绪论	1
第一节 建筑结构的一般概念	1
第二节 钢筋混凝土结构的特点	2
第三节 混凝土结构的发展及应用简况	3
第四节 课程内容及学习中应注意的问题	4
思考题	5
第一章 钢筋和混凝土材料的力学性能	6
第一节 钢筋	6
第二节 混凝土	9
第三节 钢筋与混凝土的粘结	17
思考题	22
第二章 结构设计基本原则	23
第一节 基本概念	23
第二节 结构功能和可靠度	26
第三节 极限状态设计法	29
第四节 混凝土结构耐久性规定	33
思考题	35
第三章 受弯构件正截面承载力计算	37
第一节 概述	37
第二节 受弯构件的基本构造要求	38
第三节 受弯构件正截面受力性能	40

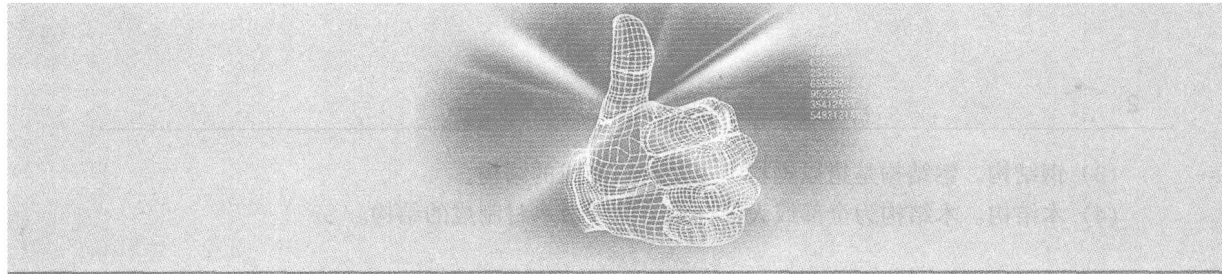
第四节	受弯构件正截面承载力计算的基本理论	43
第五节	单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	46
第六节	双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	54
第七节	T形截面受弯构件正截面承载力计算	59
思考题		66
习题		67
第四章	受弯构件斜截面承载力计算	69
第一节	概述	69
第二节	无腹筋梁斜截面受剪性能	69
第三节	有腹筋梁斜截面受剪性能	73
第四节	斜截面受剪承载力计算	77
第五节	构造要求	83
思考题		89
习题		89
第五章	受扭构件承载力计算	91
第一节	概述	91
第二节	矩形截面纯扭构件承载力计算	91
第三节	弯剪扭构件承载力计算	95
思考题		99
习题		99
第六章	受压构件承载力计算	100
第一节	受压构件的计算分类及配筋构造	100
第二节	轴心受压构件承载力的计算	103
第三节	偏心受压构件正截面受力性能	106
第四节	矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算方法	113
第五节	T形和I形截面偏心受压构件正截面承载力计算方法	127
第六节	受压构件斜截面受剪承载力计算	132
思考题		132
习题		133
第七章	受拉构件承载力计算	136
第一节	概述	136
第二节	轴心受拉构件正截面承载力计算	136
第三节	偏心受拉构件承载力计算	137

思考题	140
习题	141
第八章 钢筋混凝土构件的裂缝宽度和变形验算	142
第一节 概述	142
第二节 钢筋混凝土构件裂缝宽度验算	143
第三节 受弯构件的变形验算	147
思考题	152
习题	152
第九章 混凝土梁板结构	153
第一节 概述	153
第二节 整体式单向板肋形楼盖	155
第三节 整体式双向板肋形楼盖	182
第四节 现浇双重井式楼盖	188
第五节 楼梯	190
第六节 雨篷	199
思考题	199
习题	200
附表 1 均布荷载和集中荷载作用下等跨连续梁的内力系数表	201
附表 2 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表	208

下 册

第十章 预应力混凝土构件计算	215
第一节 预应力混凝土的基本概念	215
第二节 预加应力的方法	217
第三节 预应力混凝土材料及锚夹具	218
第四节 张拉控制应力和预应力损失	221
第五节 预应力混凝土轴心受拉构件计算	226
第六节 预应力混凝土受弯构件计算	237
第七节 无黏结预应力混凝土受弯构件计算特点	250
第八节 预应力混凝土构件的构造	256
思考题	258
习题	258

第十一章 单层厂房结构	260
第一节 概述	260
第二节 排架结构的结构组成	261
第三节 排架结构的布置和构件选型	264
第四节 排架结构的内力分析与组合	276
第五节 排架柱的设计	289
第六节 柱下单独基础设计	296
第七节 单层厂房结构设计实例	303
思考题	326
习题	327
第十二章 多层框架结构房屋	332
第一节 概述	332
第二节 结构的布置	333
第三节 框架杆件的截面尺寸和框架计算简图	335
第四节 竖向荷载作用下内力近似计算	338
第五节 水平力作用下内力近似计算	342
第六节 框架结构侧移的近似计算及限值	354
第七节 框架结构的内力组合	355
第八节 现浇框架截面设计要点和构造要求	357
第九节 现浇框架结构设计步骤框图与设计实例	360
思考题	376
第十三章 砌体结构	378
第一节 概述	378
第二节 砌体材料及种类	379
第三节 砌体的力学性能	386
第四节 砌体构件承载力计算	395
第五节 砌体结构房屋墙体设计	416
第六节 过梁与挑梁的设计	438
思考题	445
习题	446
参考文献	449



绪 论

第一节 建筑结构的一般概念

在工业与民用建筑中，由屋架、梁、板、柱、墙体和基础等构件组成并能满足预定功能要求的承力体系称为建筑结构。建筑结构按所用材料可分为如下几类：

(1) 混凝土结构。混凝土结构是以混凝土为主要材料，并根据需要在其内部放置钢材制成的结构。混凝土结构包括不配置钢材或不考虑钢筋受力的素混凝土结构；配有受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的钢筋混凝土结构；具有受力的预应力钢筋，通过张拉预应力钢筋或其他方法建立预加应力的预应力混凝土结构；将型钢作为配筋的钢管骨架混凝土结构；由钢管和混凝土组成的钢管混凝土结构；在混凝土中掺入钢纤维、合成纤维等纤维材料构成的纤维混凝土结构等，如图 0-1 所示。实际工程中，应用较多的是钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。

(2) 砌体结构。砌体结构是以砌体材料为主，并根据需要配置适量钢筋而构成的结构。其特点及发展将在第十三章中叙述。

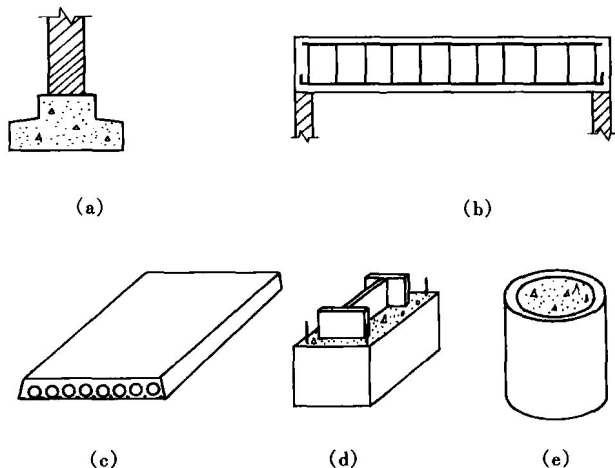


图 0-1 混凝土结构的常见形式

(a) 素混凝土基础；(b) 钢筋混凝土梁；(c) 预应力混凝土空心楼板；
(d) 钢管混凝土柱；(e) 钢管混凝土柱

- (3) 钢结构。钢结构是指以钢材为主要材料制成的结构。
- (4) 木结构。木结构为全部或大部分承力构件由木材制成的结构。

第二节 钢筋混凝土结构的特点

钢筋和混凝土的物理力学性能有着较大的差异。混凝土的抗压强度较高，而抗拉强度却很低，一般仅为抗拉强度的 $1/20 \sim 1/8$ ；同时混凝土在荷载作用下具有明显的脆性破坏特征。钢筋的抗拉强度和抗压强度都较高，在荷载作用下，显示出良好的变形性能，但不能单独承受压力荷载。将混凝土和钢筋科学合理的结合在一起形成钢筋混凝土，就可充分发挥它们的性能优势。

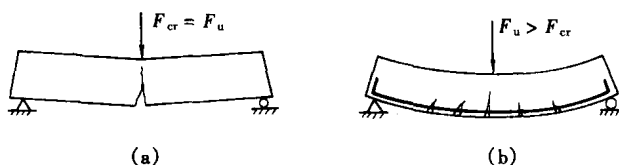


图 0-2 混凝土梁的破坏
(a) 素混凝土梁；(b) 钢筋混凝土梁

试验表明，用素混凝土制作的一根梁如图 0-2 (a) 所示，在跨中集中荷载 F 作用下，当梁的跨中截面受拉区边缘拉应力达到混凝土的抗拉强度时，下部混凝土很快开裂，梁就突然断裂破坏。此时，梁的开裂荷载 F_{cr} 与破坏荷载 F_u 基本相等，破坏无明显

的预兆，属于脆性破坏，承载力很低。而且，梁在破坏时上部受压区产生的压应力远小于混凝土的抗压强度，混凝土的抗压性能未被充分利用。

如果在图 0-2 (a) 所示梁的下部受拉区内配置适量的受拉钢筋，如图 0-2 (b) 所示，当荷载达到 F_{cr} 时，梁的受拉区出现裂缝，但并未破坏，受拉区拉力转由钢筋承担。荷载继续增大，受拉钢筋首先屈服，裂缝进一步向上扩展延伸，最后因受压区混凝土达到抗压强度被压碎，梁随即破坏。破坏荷载 F_u 显著的高于开裂荷载 F_{cr} ，两种材料的强度均得到充分的利用，且具有明显的破坏预兆，属于延性破坏。

钢筋和混凝土之所以能够结合在一起并有效的共同工作，原因主要有以下几点：

(1) 钢筋和混凝土的接触面上存在着良好的粘结力，可以保证两者协调变形，整体工作。

(2) 钢筋与混凝土的温度线膨胀系数基本相同，钢筋为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ，混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ，两者不会因温度变化导致粘结力破坏。

(3) 钢筋的混凝土保护层可以防止钢筋锈蚀，保证结构的耐久性。

钢筋混凝土除了能充分利用钢筋和混凝土材料的性能外，尚有以下优点：

(1) 耐久性好。混凝土的强度随时间的增加而有所提高，钢筋由于混凝土的保护而不锈蚀，因此，钢筋混凝土的耐久性可满足工程要求。

(2) 耐火性好。混凝土是不良的热导体，厚度为 30mm 的混凝土保护层可耐火 2h，钢筋不致因升温过快而丧失承载力，故比木结构、钢结构耐火性好。

(3) 整体性好。现浇钢筋混凝土结构的整体性好，有利于抗震、抗爆、防辐射。

(4) 可模性好。根据使用需要，可将混凝土浇筑成各种形状和各种尺寸的结构。

(5) 便于就地取材。混凝土所用大量的砂、石等来源广,可就地取材,经济方便。

由于钢筋混凝土具有上述优点,因此在土建工程中得到了广泛的应用。但是,也存在以下的一些缺点:

(1) 自重大。普通混凝土的自重大,不适用于高层、大跨结构。目前,正在大力研究并发展轻质高强、高性能混凝土。

(2) 抗裂性差。普通钢筋混凝土结构在正常使用期间,一般总是带裂缝工作的。这不仅会影响结构的耐久性,而且也不适用于对防渗、防漏要求较高的结构。使用预应力混凝土结构是解决混凝土开裂的有效途径。

(3) 施工复杂。现浇钢筋混凝土工序多,工期长,受季节、气候影响大。采用早强混凝土、泵送混凝土、免振自密实混凝土和多种先进的施工技术,可极大的提高施工效率。

第三节 混凝土结构的发展及应用简况

混凝土结构在土木建筑工程中的应用历史较砌体结构、钢结构和木结构要短,仅为 150 多年,但其在材料性能、结构类型、施工技术、设计计算理论与方法和工程应用等方面的发展非常快,大体上可分为以下三个阶段:

第一阶段是 19 世纪 50 年代~20 世纪 20 年代。在这个阶段,由于所用的钢筋和混凝土的强度比较低,因此钢筋混凝土仅用于建造中小型楼板、梁、柱、拱和基础等构件。钢筋混凝土的设计计算采用以弹性理论为基础的容许应力法。

第二阶段是 20 世纪 20~50 年代。由于钢筋和混凝土的强度不断提高,特别是预应力混凝土的出现,使得混凝土结构可用于建造大跨度结构、高层建筑以及对抗震、防裂等有较高要求的结构,大大的扩展了混凝土结构的应用范围。混凝土结构构件的设计计算方法采用了考虑混凝土塑性性能的破坏阶段法。同时,提出了更为科学合理的极限状态设计法。

第三阶段是 20 世纪 50 年代至现在。这个阶段是混凝土技术飞速发展的时期。随着人们对建筑功能和建设速度要求的不断提高,出现了轻质、高强、高性能的混凝土和高强、高延性、低松弛的钢筋与钢丝等新型结构材料,为大量的建造超高层建筑、大跨度桥梁等创造了条件。目前,世界上最高的钢筋混凝土建筑是马来西亚吉隆坡的双塔大厦,高 450m,采用钢骨混凝土结构。我国最高的高层建筑是上海的金茂大厦,总高 420.5m,共 88 层,主体为钢筋混凝土和钢骨混凝土组合结构。世界上跨度最大的混凝土拱桥在克罗地亚,其跨度达 390m。我国跨度最大的拱桥是四川涪陵的乌江桥,主跨 200m。上海杨浦大桥为斜拉桥,主跨 602m,高 220m 的桥塔采用钢筋混凝土结构。世界上最高的电视塔是加拿大的多伦多电视塔,主体为预应力混凝土结构,高 549m。我国最高的电视塔是上海东方明珠电视塔,采用钢筋混凝土结构,总高 468m,其高度为亚洲第一。

在结构构件设计计算理论方面,目前采用以概率理论为基础的极限状态设计法。随着对结构材料性能和受力性能的深入研究,试验手段和测试技术的进步,以及计算科学的发展,结构设计计算理论和方法将更趋完善。

总之,混凝土结构的发展及应用已进入了一个新时期。

第四节 课程内容及学习中应注意的问题

本课程由“混凝土结构”和“砌体结构”两部分组成。通过教学,使学生掌握混凝土结构和砌体结构的基本概念、基本理论和设计计算方法,为从事土木建筑工程设计、施工及管理工作打下基础。

本课程主要讲述混凝土结构和砌体结构的材料性能、设计计算原则、基本构件的受力性能与设计计算方法、结构设计计算方法及相应的构造要求等内容。混凝土基本构件包括受弯构件、受剪构件、受扭构件、受压构件和受拉构件,是组成工程结构的基本单元,其受力性能与理论分析构成了混凝土结构和砌体结构的基本理论。结构设计包括梁板结构、单层厂房结构、框架结构及砌体结构房屋的结构布置、荷载计算、受力体系、内力分析与组合以及配筋构造等,是基本理论在实际工程中的应用与延伸。

在学习本课程的过程中,应注意以下几点:

(1) 材料力学主要研究的是单一、匀质、连续的弹性材料组成的构件,而混凝土结构和砌体结构基本构件则研究的是混凝土、钢筋、块体、砂浆等两种或两种以上材料组成的复合构件,混凝土和砌体又是非匀质、非连续、非弹性的材料。由于材料性能具有较大的差异,因此材料力学公式一般不能直接应用于混凝土结构与砌体结构的基本构件设计计算。但其解决问题的理论分析方法,如利用几何关系、物理关系和平衡关系建立基本方程的途径,同样适用于本课程。

(2) 混凝土结构和砌体结构所用材料性能的复杂性,导致构件的基本理论和计算公式需要通过大量的科学试验研究才能建立;同时,为保证结构的可靠性,还必须经过工程验证方可应用。因此,在学习本课程的过程中,要注意实验研究结果,重视受力性能分析,掌握计算公式的适用范围和限制条件,以便正确的应用公式解决实际工程问题。

(3) 结构设计不仅要考虑结构体系受力的合理性,而且要考虑使用功能、材料供给、地形地质、施工技术和经济合理等方面的因素,因而是一个综合性很强的问题。同时在实际设计工作中,同一工程问题可有多种解决的方案供选择,其结果不是唯一的。所以,在学习本课程时,要注意培养分析问题、解决问题的综合能力。

(4) 混凝土结构和砌体结构具有较多的工程构造措施;这些都是长期的科学实验与大量的工程实践积累起来的,是保证结构安全可靠必不可少的条件,必须给予足够的重视。

(5) 混凝土结构与砌体结构是一门实践性较强的课程。在学习,中,应针对性地到施工现场参观,以增加感性认识,积累工程经验,加深对理论知识的理解。

(6) 为了在土木工程建设中,贯彻国家的技术经济政策,做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量,国家颁布了一系列设计规范和标准。这些规范和标准具有约束性和立法性,必须认真执行。本书主要依据《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)(以下简称《规范》)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB50068—2001)、《建筑结构荷载规范》(GB50009—2001)(以下简称《荷载规范》)、《砌体结构设计规范》(GB50003—2001)等编写。在学习本课程时,要注意熟悉规范,并正确的应用规范。

思考题

- 0-1 混凝土结构包括哪些结构种类？
- 0-2 钢筋混凝土梁破坏时有哪些特点？
- 0-3 钢筋与混凝土能够结合在一起共同工作的原因是什么？
- 0-4 钢筋混凝土结构有何优、缺点？
- 0-5 在学习本课程的过程中，应注意哪些问题？

有明显屈服点的钢筋受拉的典型应力—应变曲线如图 1-2 (a) 所示。对应于 a 点的应力称为比例极限, a 点以前的应力与应变成正比关系, 即 $\sigma = E_s \epsilon$, E_s 为钢筋弹性模量。过 a 点后, 应变增长相对较快。应力达到 b 点, 钢筋进入屈服阶段, 此时应力保持不变, 而应变急剧增加, b 点的应力称为屈服强度 f_y 。 c 点以后, 应力又继续上升, 随着应变增加, 应力

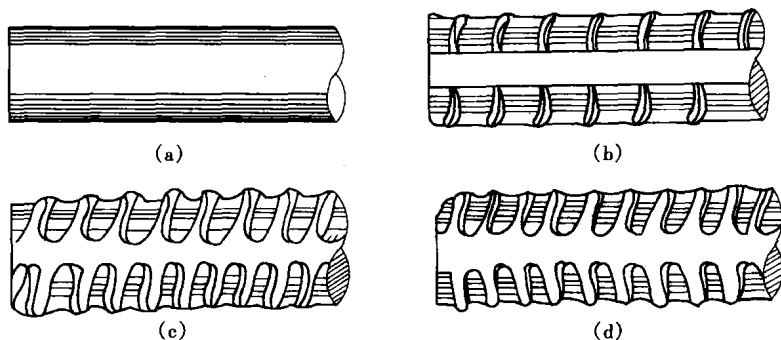


图 1-1 钢筋的形式

(a) 光面钢筋; (b) 月牙纹钢筋; (c) 螺旋钢筋; (d) 人字纹钢筋

曲线上升至最高点 d , d 点的应力称为极限强度 f_u 。过 d 点后, 试件产生颈缩现象, 断面减小, 变形迅速增大, 应力明显降低, 直至 e 点试件断裂。

由于有明显屈服点, 钢筋的应力达到屈服强度后, 将在荷载基本不变的情况下, 发生较大的塑性变形, 从而引起钢筋混凝土构件产生很大的变形, 出现不可闭合的裂缝。因此, 对有明显屈服点的钢筋, 在构件设计中以屈服强度作为钢筋强度设计取值的依据。

钢筋的极限抗拉强度反映了钢筋的强度储备。《规范》要求, 按一、二级抗震等级设计的各类框架中的纵向受力钢筋, 钢筋的极限抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值, 即强屈比不应小于 1.25。

在钢筋混凝土中, 钢筋不仅要具有较高的强度, 而且要有足够的塑性变形能力。伸长率和冷弯性能是反映钢筋塑性性能的基本指标。伸长率是钢筋试件拉断后, 标距间的伸长值与拉伸前标距间长度的比值。钢筋的伸长率越大, 则塑性性能就越好, 破坏前的预兆越明显, 这种破坏属于延性破坏; 反之, 钢筋的塑性性能差, 破坏具有突然性, 这种破坏属于脆性破坏。冷弯是将钢筋围绕直径为 D 的钢辊进行弯曲, 当达到规定的角度 α 后, 如图 1-3 所示, 钢筋无裂纹或断裂现象。钢辊直径 D 越小, 钢筋弯曲角度 α 就越大, 表明其塑性性能越好。

有明显屈服点的钢筋, 它的屈服强度、极限强度、伸长率和冷弯性能是进行质量检验的

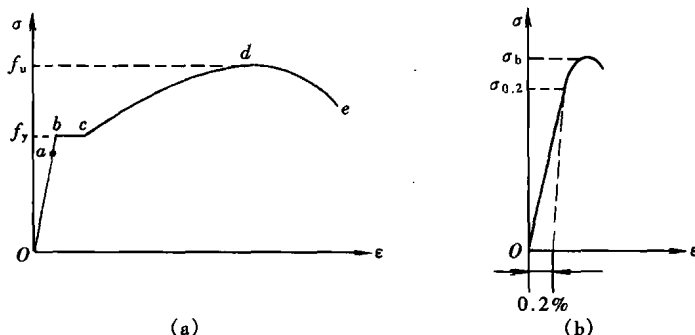


图 1-2 钢筋的应力—应变关系曲线

(a) 有明显屈服点钢筋; (b) 无明显屈服点钢筋

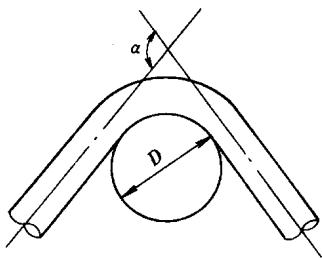


图 1-3 钢筋的冷弯

主要指标。

另外，当钢筋受压时，在屈服阶段之前其压应力与压应变的变化曲线与钢筋受拉基本相同。

2. 无明显屈服点钢筋

无明显屈服点的钢筋受拉的典型应力—应变曲线如图 1-2 (b) 所示。从图 1-2 (b) 可见，无明显屈服点的钢筋是没有屈服阶段的，其强度较高，伸长率很小，塑性变形能力较差。最大拉应力 σ_b 称为极限抗拉强度。

对无明显屈服点的钢筋，一般取相应于残余应变为 0.2% 时的应力 $\sigma_{0.2}$ 作为钢筋强度设计取值的依据，也称为条件屈服强度。《规范》对预应力钢丝、钢绞线和热处理钢筋，取条件屈服强度为 $0.85\sigma_b$ 。

无明显屈服点的钢筋是以极限抗拉强度、伸长率和冷弯性能作为质量检验的指标。

3. 钢筋的弹性模量

各种钢筋的强度相差较大，但其弹性模量较为接近。用于工程设计的钢筋弹性模量 E_s 见表 1-1。

表 1-1 钢筋弹性模量

种 类	E_s (MPa)
HPB235 级钢筋	2.1×10^5
HRB335 级钢筋、HRB400 级钢筋、RRB400 级钢筋、热处理钢筋	2.0×10^5
消除应力钢丝（光面钢丝、螺旋肋钢丝、刻痕钢丝）	2.05×10^5
钢绞线	1.95×10^5

由于钢绞线的弹性模量不仅取决于构成其光面钢丝的弹性模量，而且与绞织时的生产工艺有关。绞织的松散或紧密程度对弹性模量有一定的影响，因此，必要时钢绞线的弹性模量可采用试验实测值。

三、钢筋的冷加工

在实际工程中，为了提高钢筋的强度，节约钢材，在常温下通过拉伸等方法对热轧钢筋进行机械加工，制成的钢筋称为冷加工钢筋。冷加工钢筋包括冷拉、冷拔、冷轧和冷轧扭钢筋。

冷拉钢筋是将热轧钢筋拉伸超过其屈服阶段进入强化阶段，然后卸荷至零所得到的钢筋。冷拉钢筋的抗拉强度有所提高，但抗压强度维持不变，伸长率减少，塑性降低。

冷拔钢丝是将热轧钢筋用强力从比其直径小的硬质合金拔丝模拔出而成的钢筋，如图 1-4 所示。经多次冷拔后，钢丝的抗拉强度和抗压强度都有大幅度的提高，但其伸长率显著的减小。

冷轧钢筋是指以热轧圆盘条为母材，经冷拉或冷拔减径后，在其表面轧制具有两面或三面月牙纹横肋的冷轧带肋钢筋。冷轧带肋钢筋与冷拔钢丝的强度基本接近，但塑性较好。由于冷轧带肋钢筋表面具有横肋，与混凝土的粘结较好，故成为冷拔钢丝的换代产品。