



新世纪高职高专土建类系列教材

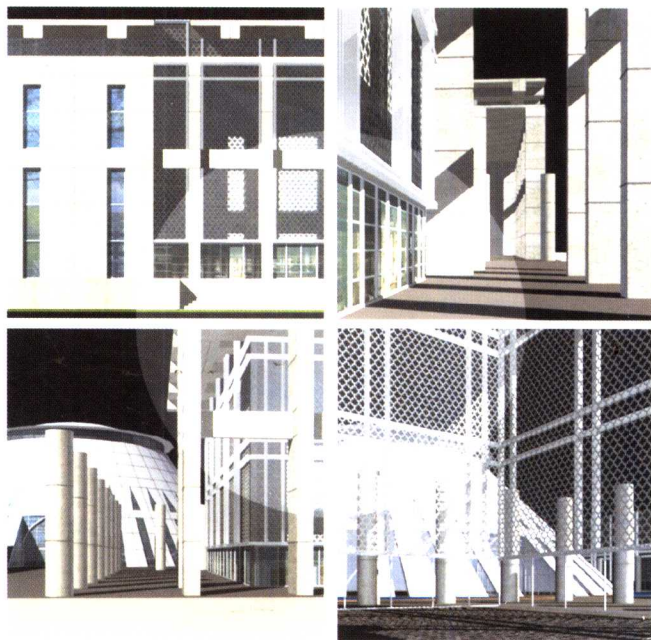
混凝土结构

HUN NING TU JIE GOU

王振武 张 伟 主编

(第二版)

张丽华 刘正保 副主编



科学出版社

新世纪高职高专土建类系列教材

混凝土结构

(第二版)

王振武 主 编
张 伟

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为《新世纪高职高专土建类系列教材》之一。本书在第一版的基础上,根据建设部颁布的相关最新规范、规程和标准,系统介绍混凝土结构设计方法、构件及结构设计与计算、施工图表达等,将原理、设计计算与施工图的绘制紧密结合,以培养学生的设计、计算与实际应用能力。

本书可作为高职高专土建专业的教学用书,亦可供从事土木建筑设计和施工的技术人员及成人教育师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构/王振武,张伟主编.—2版.—北京:科学出版社,2003

(新世纪高职高专土建类系列教材)

ISBN 7-03-011649-6

I. 混… II. ①王… ②张… III. 混凝土结构-高等学校:技术学校-教材 IV. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 055475 号

丛书策划:童安齐 刘宝莉/责任编辑:童安齐

责任校对:包志虹/责任印制:刘士平

封面设计:逯海勇

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

涿海印创有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2003年8月第一次印刷 印张:29 3/4

印数:1—5 000 字数 580 000

定价:32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

《新世纪高职高专土建类系列教材》

编 委 会

主任委员 沈养中

副主任委员 (以姓氏笔画为序)

王志军 邓庆阳 司马玉洲 李继业
李维安 董 平 童安齐

委 员 (以姓氏笔画为序)

王长永 王振武 石 静 史书阁
田云阁 付玉辉 刘正保 刘念华
李洪岐 李树枫 肖 翥 张力霆
张丽华 张献奇 陈守兰 孟胜国
郝延锦 郭玉起 袁雪峰

出版说明

当前,高职高专教育中土建类及其相关专业已成为各高职高专学校的主要专业之一,专业人数不断扩大,教学要求越来越高,以往出版的教材已难以满足教学需要。为了促进高职高专教学改革,加强高职高专教材建设,我们组织了《新世纪高职高专土建类系列教材》。与同类教材相比,本套教材有以下几个显著特点:

1. 针对性强,适合高职高专的培养目标;
2. 吸收了我国近10年来教学改革的阶段性成果,并以我国现行建筑行业的最新政策、法规为依据;
3. 内容更新,重点突出,注意整体的逻辑性、连贯性,具有适用性、实用性。

参加本套教材编写的主要单位有:邢台职业技术学院、河北工程技术高等专科学校、山东农业大学土木工程学院、华北矿业高等专科学校、华北航天工业学院、山西阳泉煤炭专科学校、南阳理工学院。

由于时间仓促,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

《新世纪高职高专土建类
系列教材》编委会
2003年4月

第二版前言

本书根据新的教学大纲及其对高职高专培养目标的要求而编写。

本书编写组根据多年的教学和工程实践经验,在第一版的基础上进行了适当调整和补充,并根据国家最新颁布和实行的《混凝土结构设计规范》(GB50010-2002)、《建筑结构荷载规范》(GB50009-2001)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB50068-2001)、《房屋建筑制图统一标准》(GB/T50001-2001)、《建筑结构制图标准》(GB/T50105-2001)及《建筑抗震设计规范》、《砌体结构设计规范》等精心编写。本书系统地介绍了混凝土结构设计方法、构件及结构设计与计算、施工图表达等内容,将原理、设计计算与施工图的绘制三者紧密结合,注重理论联系实际,以应用为重点,附以较多实例,以培养学生设计、计算与实际应用能力;书中附有一定数量的工程实例和计算图表,可供读者实际应用时参考。

全书共十二章,内容包括钢筋混凝土结构的材料力学性能、设计方法,钢筋混凝土受弯构件和压扭、受压、受拉构件的设计计算及构造要求,预应力混凝土结构、梁板结构、单层工业厂房结构、多层框架结构的计算原理、方法及构造要求,结构施工图的表达等。

本书由王振武、张伟任主编,张丽华、刘正保任副主编。参加编写的有:王振武(第二章,第四章 4.3~4.4节,第五章,第六章 6.4节,第七章 7.3节,第八章)、张伟(第十一章)、张丽华(第一、三章,第六章 6.1~6.3节)、刘正保(第十章 10.1~10.7节)、王江(第九章 9.1~9.3节)、韩金亮(第九章 9.4~9.7节)、季宪军(第十章 10.8节)、高淑英(第四章 4.1节)、李维珍(第四章 4.2节)、齐宏伟(第十二章,附录)、杨庆年(第七章 7.1~7.2节)。

由于时间仓促,编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

第一版前言

当前,高职高专土建类及其相关专业已成为各高职高专学校的主要专业之一,专业人数不断扩大,教学要求越来越高,以往出版的《混凝土结构》教材已难以满足高职高专的教学需要。本书是根据新的教学大纲对高职高专培养目标的要求而编写的。

本书编写组根据多年的教学和工程实践经验,在内容上进行了适当调整和补充,如增加了施工图等内容。本书系统地介绍了混凝土结构设计方法、构件及结构设计、施工图表达等,将原理、设计与计算、施工图三者紧密结合。本书注重理论联系实际,以应用为重点,附以较多实例,培养学生设计、计算与实际应用能力;书中附有一定数量的典型工程实例和计算图表,可供读者实际应用时参考。

全书共十三章,内容包括钢筋混凝土结构的材料力学性能、设计方法,受弯、受扭、受压、受拉构件承载力计算及构造要求,构件变形和裂缝计算,预应力混凝土结构、梁板结构、单层工业厂房结构、多层框架结构的计算原理、方法及构造要求,结构施工图的表达等。其中“结构施工图”一章将结构计算与结构施工图的绘制融为一体,简明易懂,实用性强。

本书由张丽华任主编,王振武、郭长辉、刘正保任副主编。参加编写的有张丽华(第一、三、六章)、王振武(第十章 10.4~10.7 节)、王江(第十章 10.1~10.3 节)、郭长辉(第二章、第十二章)、刘正保(第七章、第十一章 11.1~11.6 节)、季宪军(第十一章 11.7 节)、王旭光(第五章、第八章)、郭清华(第九章)、高淑英(第四章 4.1 节)、李维珍(第四章 4.2 节)、齐宏伟(第十三章、附录)。全书由北京工业大学赵均教授主审。

由于时间仓促,编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

目 录

出版说明	
第二版前言	
第一版前言	
第一章 绪论	1
1.1 混凝土结构的一般概念	1
1.2 混凝土结构的特点	1
1.3 混凝土结构发展概况	2
1.4 混凝土结构体系	2
1.5 课程特点与学习方法	4
思考题	5
第二章 混凝土结构材料的力学性能	6
2.1 钢筋	6
2.2 混凝土的力学性能	10
2.3 钢筋和混凝土之间的黏结	17
思考题	20
第三章 钢筋混凝土结构的设计方法	22
3.1 结构的功能要求和极限状态	22
3.2 极限状态设计的基本概念及原理	23
3.3 极限状态实用设计表达式	27
思考题	36
习 题	36
第四章 受弯构件计算	37
4.1 受弯构件正截面承载力计算	37
4.2 受弯构件斜截面承载力计算	75
4.3 受弯构件的变形和裂缝宽度验算	104
4.4 钢筋混凝土受弯构件设计实例	116
思考题	121
习 题	124
第五章 钢筋混凝土受扭构件	128
5.1 概述	128
5.2 纯扭构件承载力计算	128

5.3 钢筋混凝土矩形截面剪扭构件承载力计算	133
5.4 钢筋混凝土矩形截面弯剪扭构件的承载力计算	136
思考题	142
习 题	142
第六章 钢筋混凝土受压构件	143
6.1 概述	143
6.2 轴心受压构件承载力计算	143
6.3 偏心受压构件承载力计算	151
6.4 钢筋混凝土受压构件裂缝宽度验算	170
思考题	171
习 题	171
第七章 钢筋混凝土受拉构件计算	173
7.1 轴心受拉构件正截面承载力计算	173
7.2 偏心受拉构件正截面承载力计算	174
7.3 钢筋混凝土受拉构件的裂缝宽度验算	180
思考题	182
习 题	182
第八章 预应力混凝土构件	183
8.1 基本概念	183
8.2 施加预应力的方法	186
8.3 预应力混凝土材料	189
8.4 张拉控制应力与预应力损失	190
8.5 预应力混凝土轴心受拉构件	196
8.6 预应力混凝土构件的构造要求	204
思考题	207
第九章 钢筋混凝土梁板结构	209
9.1 概述	209
9.2 现浇单向板肋梁	210
9.3 现浇双向板肋梁楼盖	243
9.4 井字楼盖	253
9.5 装配式楼盖	259
9.6 无梁楼盖	269
9.7 楼梯和雨篷	276
思考题	291
习 题	292
第十章 单层工业厂房结构	294

10.1	概述	294
10.2	单层工业厂房的结构组成	295
10.3	单层工业厂房的结构布置	298
10.4	单层工业厂房的结构构件选型及支撑布置	303
10.5	单层工业厂房排架的计算	315
10.6	单层工业厂房排架柱的设计	328
10.7	柱下独立基础设计	335
10.8	单层工业厂房设计实例	342
	思考题	365
	习 题	365
第十一章	多层框架结构	367
11.1	多层框架结构组成和结构布置	367
11.2	多层框架的荷载	371
11.3	多层框架梁、柱的截面尺寸和框架计算简图	373
11.4	框架结构的内力分析及侧移验算	378
11.5	框架结构的内力组合及截面设计	396
11.6	构造要术	399
11.7	框架结构抗震设计基础知识	405
	思考题	414
第十二章	结构施工图	415
12.1	钢筋混凝土结构制图标准	415
12.2	结构平面图	420
12.3	钢筋混凝土详图	422
12.4	楼梯结构图	425
12.5	设计说明	427
	附录	428
	参考文献	460

第一章 绪 论

1.1 混凝土结构的一般概念

以混凝土为主构成的结构,称为混凝土结构。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、钢骨混凝土结构、纤维增强混凝土结构等。

素混凝土结构是指不配置任何钢材的混凝土结构,主要用于承受压力的结构,如基础、挡土墙、堤坝等。

钢筋混凝土结构是配有钢筋的普通混凝土结构,广泛用于各种受弯、受压、受拉的构件及结构,如梁、板、柱、基础、墙体等。

预应力混凝土结构是指在施工制作时,预先对混凝土的受拉区施加压应力的混凝土结构,其抗裂性好、刚度大,用于大跨度的结构,可减小构件截面,减轻结构自重。

钢骨混凝土结构是用型钢焊成实心或空心钢骨作为配筋的混凝土结构。这种混凝土结构承载力大、延性好、抗震性能好,可用于高层结构中的梁、柱、墙等。

纤维增强混凝土结构是在普通混凝土中掺入钢纤维、合成纤维等各种纤维材料的混凝土结构。在美国、日本应用较早,我国从 1992 年开始,也有了相应的设计与施工规程。

1.2 混凝土结构的特点

钢筋混凝土结构是混凝土结构中最具代表性的一种结构,是由钢筋和混凝土两种物理力学性能不同的材料组成的。混凝土的抗压能力较强,但抗拉能力较差,当其受拉时易开裂,使构件产生裂缝;而钢材的抗拉和抗压性能都很高。将两种材料结合在一起能充分发挥各自所长,协同工作。其原因是钢筋和混凝土的温度线膨胀系数很接近[钢筋为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$,混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$],且两者之间有黏结力,在荷载作用下或温度变化时,两者能共同受力、协调变形。

钢筋混凝土结构是建筑结构中应用最为广泛的结构形式,其优点如下:

1) 可模性好。可根据需要浇筑成各种形状和尺寸的结构。

2) 与砌体结构及钢结构比承载力较高。

3) 耐久性、耐火性好。钢筋有混凝土保护层包裹,不易生锈,使用寿命长;遇火灾时,与钢结构相比,不会因升温很快软化而破坏。

4) 现浇的钢筋混凝土结构整体性好、刚度大、抗震性能好。

5) 混凝土用量最多的砂、石等可就地取材。

钢筋混凝土结构的主要缺点:自重大、抗裂性差,对于大跨结构、抗渗漏要求高的结构,其使用受到一定的限制;钢筋混凝土结构的施工工序多,且受施工环境和气候条件的影响。

1.3 混凝土结构发展概况

钢筋混凝土结构在 19 世纪中期首先在英、法两国得到应用,与砌体结构、钢结构相比,其历史并不长,但发展很快。特别是近年来,在材料、结构和施工、设计理论三个方面有了很大的进步。

(1) 材料方面

材料主要是向轻质、高强度、耐久的方向发展。目前钢筋混凝土结构中常用的混凝土抗压强度为 $20\sim 40\text{N/mm}^2$;预应力混凝土结构中采用的混凝土抗压强度可达 $60\sim 80\text{N/mm}^2$ 。采用高强混凝土、高强度钢筋是当前混凝土结构的一个重要发展方向。目前已研制出的高强混凝土可达 200N/mm^2 ,采用的钢筋的屈服强度已达 420N/mm^2 ,而用于预应力混凝土的钢丝抗拉强度高达 1860N/mm^2 。此外,纤维增强混凝土结构、钢筋混凝土结构、钢管混凝土结构都已在工程中开始应用。

(2) 结构和施工方面

由过去简单结构发展到高层、超高层、大跨度等复杂结构。例如,上海 95 层 460m 高的浦东环球金融中心大厦,内筒为钢筋混凝土结构。此外,为了快速施工,还广泛采用定型化、标准化的装配式结构和预应力混凝土构件。

(3) 设计理论方面

1887 年科伦首次发表了钢筋混凝土的计算方法;1918 年艾布拉姆斯发表了著名的计算混凝土本身强度的水灰比理论;1928 年法国弗列新涅提出了混凝土收缩和徐变理论,为预应力混凝土技术在工程中的应用奠定了基础。设计理论从最初的估算,发展到 20 世纪初的容许应力方法、40 年代的按破损阶段计算法、50 年代以来采用的极限状态设计法。目前,基于概率论与数理统计的可靠度理论,使钢筋混凝土的极限状态设计方法更趋完善。随着试验和测试技术与计算手段的提高,钢筋混凝土的设计理论会日趋完善,并向更高阶段发展。

1.4 混凝土结构体系

1.4.1 混凝土结构的组成

钢筋混凝土结构由很多受力构件组合而成,主要受力构件有楼板及屋面板、

梁、柱、墙、基础等,其中板、梁是水平受力构件,柱、墙是竖向受力构件。

楼板及屋面板:是将活荷载和恒载(通过梁或直接)传递到竖向支承结构(柱、墙)的主要水平构件,属受弯构件,其形式可以是实心板、空心板、带肋板等。

梁:是将楼板上或屋面上的荷载传递到立柱或墙上的受弯构件,楼层处的梁称为楼盖梁,屋面处的梁称为屋面梁,多为矩形截面,当梁与板一起整浇时,形成 T 形、L 形截面梁。此外还有门窗洞口上的过梁、雨篷梁等。

柱:其作用是支承楼面体系,属于受压构件,当荷载有偏心作用时,柱受压的同时还会受弯。

墙:与柱相似,是受压构件,混凝土墙(如楼梯间墙)主要用于承重并向基础传递荷载,高层建筑中的剪力墙还用于承受水平风载和地震作用,它受压的同时也会受弯、受剪。

基础:是将上部结构的所有重量传递到地基(土层)的承重混凝土构件,其形式多种多样,有条形基础、独立基础、桩基础、筏板基础和箱形基础等。

1.4.2 混凝土结构的基本构件与结构类型

每一个承重结构都由一些基本构件组成,基本构件类型如图 1.1 所示。

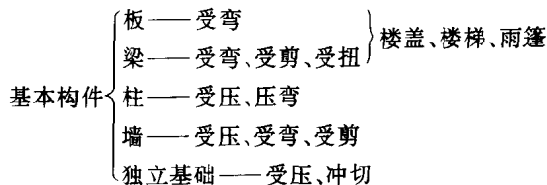


图 1.1 基本构件

混凝土受力构件的不同连接和组合,形成了不同的结构类型,主要有框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、排架结构、筒体结构等。

框架结构:通常指由梁、柱组成的结构。需要平面空间较大的建筑一般采用钢筋混凝土框架结构,多为 10 层以下。

剪力墙结构:纵、横墙体全部由钢筋混凝土剪力墙组成,墙体既承受竖向荷载,又抵抗水平荷载。一般 15~50 层的住宅和旅馆等小开间的高层建筑多采用剪力墙结构。

框架-剪力墙结构:在框架结构中柱与柱之间纵横方向适当布置大于 140mm 厚的钢筋混凝土墙体(剪力墙)而组成的结构体系。一般在 15~30 层的建筑中较常使用。

排架结构:通常指由柱子和屋架(或屋面梁)组成的结构,其特点是柱子和屋架(或梁)铰接。其多为混凝土结构,也可以采用钢结构,这种结构跨度一般为 12~36m,可以是单跨和多跨,广泛用于各种工业厂房建筑。

筒体结构:筒体结构是由钢筋混凝土墙或密集的柱围成的一个侧向刚度很大

的筒体。当要求侧向刚度更大时,可采用筒中筒(外筒套内筒)或筒束。筒体结构多用于高层或超高层(高度超过 100m 的建筑)结构。

本书只讨论基本构件及楼盖、楼梯、雨篷、框架结构、排架结构的设计计算,其他结构详见高层建筑结构设计。

1.5 课程特点与学习方法

混凝土结构这门课是建筑工程专业的一门重要专业课程。混凝土结构主要研究基本构件及结构的受力性能、计算方法、构造措施等问题,不但要进行强度和变形计算,还要进行结构和构件的设计。设计包括结构方案及材料的选择、构件截面尺寸的确定、承载力及变形计算、构造要求等。学习时要注意以下几点:

(1) 正确理解和使用计算公式

混凝土结构中的计算公式与力学中的公式有所不同。力学中的材料都是理想的弹性或塑性材料,钢筋混凝土结构材料是非均质、非弹性的,计算公式建立在科学实验和工程经验的基础上,不是完全利用几何、平衡条件等建立的。因此,要理解公式建立时采用的基本假定,关键是能正确地使用公式,注意其适用范围和限制条件。

(2) 结构计算及设计答案不惟一

在数学和力学基础学科中,问题的答案一般是惟一的,而结构设计是要综合考虑建筑方案、结构方案、截面形式、材料选择、承载力、变形计算及配筋构造等因素,在相同荷载作用下,有多种可行的截面形式、尺寸及不同的配筋方式、数量等。在多种答案中,还需综合考虑安全、经济(造价、材料用量)、施工方便等因素确定最合理的答案,或主要考虑某些因素而确定相对合理的答案。

(3) 重视构造措施

结构和构件设计必须经过计算及构造设计两部分才能完成,因为强度和变形计算并不是考虑了结构上的所有作用,且有些简化,还必须用构造设计来补充。构造设计是长期的科学实验和工程实践经验的总结,计算和构造同等重要。

(4) 重视与基础课程的联系

混凝土结构这门专业课和许多课程密切相关,学习时必须综合运用各门课程的知识去解决问题。如建筑材料提供了钢筋和混凝土的材料性能;结构力学对各种结构的内力和变形的计算,为钢筋混凝土提供了基本的内力数据和计算原理;房屋建筑学中的建筑方案、建筑构造做法,为钢筋混凝土结构方案确定、构件选型、恒荷载计算等提供了依据。混凝土结构是在上述课程基础上研究结构及构件设计的。

(5) 重视实践和规范应用

钢筋混凝土结构是一门理论性和实践性较强的课程,学习时,一方面应重视基本知识及理论学习,另一方面还应有目的地到施工现场参观、学习,增强感性认识,

积累工程经验。此外,为了更好地配合本课程的学习,还应进一步熟悉、掌握和应用国家颁布的有关结构设计计算和构造要求的技术规定和标准,如《混凝土结构设计规范》(GB50010-2002)(以下简称《规范》)、《建筑结构荷载规范》(GB50009-2001)(以下简称《荷载规范》),它是工程技术人员进行设计时必须遵守的法规。

思 考 题

- 1.1 什么是混凝土结构?
- 1.2 什么是钢筋混凝土结构?
- 1.3 混凝土结构有哪些基本构件?
- 1.4 什么是框架结构、排架结构? 从你周围的建筑中各举一实例。
- 1.5 混凝土结构有哪些主要的优、缺点?

第二章 混凝土结构材料的力学性能

本章主要介绍混凝土和钢筋的力学性能,以及二者之间的黏结作用。要求掌握混凝土的强度、强度等级;了解混凝土和钢筋的应力-应变曲线、钢筋的冷加工性能;理解钢筋和混凝土之间的黏结力。

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种性能截然不同的材料组成。熟悉和掌握两种材料的力学性能,是合理选择结构形式、正确进行结构设计、确定构造措施的基础,也是获得良好经济效果的前提。

2.1 钢 筋

2.1.1 钢筋的品种和级别

钢筋混凝土结构中所采用的钢筋有劲性钢筋和柔性钢筋。通常所称的钢筋为柔性钢筋,包括钢筋和钢丝;劲性钢筋由型钢组成。

钢材的品种很多,按化学成分可分为碳素钢和普通低合金钢。按生产工艺和力学性能的不同可分为热轧钢筋、冷拉钢筋、钢丝、冷轧带肋钢筋、冷轧扭钢筋和热处理钢筋等。按力学性能把钢筋分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级,随级别的增大,强度提高,塑性降低。

按外形特征,钢筋分为光面钢筋和变形钢筋。Ⅰ级钢筋为光面钢筋,其余为变形钢筋。目前常见的变形钢筋有人字纹、螺旋纹、月牙纹等(图 2.1)。

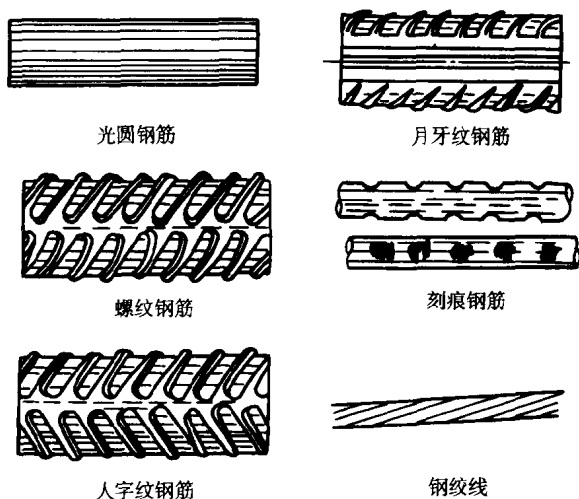


图 2.1 各种钢筋的形式

2.1.2 钢筋的力学性能

建筑结构中所用钢筋按应力-应变曲线来分,分为有明显屈服点的钢筋和无明显屈服点的钢筋两类。有明显屈服点的钢筋称为软钢,无明显屈服点的钢筋称为硬钢。

1. 钢筋的应力应变曲线

图 2.2(a)为有明显屈服点钢筋的应力-应变曲线。 oa 段应力与应变成正比关系, a 点对应的应力 σ_a 称为比例极限,该阶段为弹性阶段。应力超过 σ_a 后,应变增长速度比应力略快,应力-应变不再成正比,钢筋产生相当大的塑性变形,表现出塑性性质, ab 段为弹塑性阶段。过 b 点后应力不再增加而应变继续增加,曲线上出现水平段 bc ,称为屈服台阶或流幅, c 点对应的应力称为屈服强度。过 c 点后,应力增加变形增加,直至 d 点,该阶段称为强化阶段, d 点对应的应力称为极限抗拉强度。过 d 点后,试件内部某一薄弱部位应变急剧增加,应力下降,产生颈缩现象,到达 e 点钢筋被拉断,该阶段称为颈缩阶段。

图 2.2(b)为无明显屈服点钢筋的应力-应变曲线。当应力超过比例极限后,虽然材料表现出明显的塑性性质,但应力和应变都仍然在继续增加,直至被拉断,曲线上没有明显的屈服台阶,表现出强度高、塑性性能低的特点。

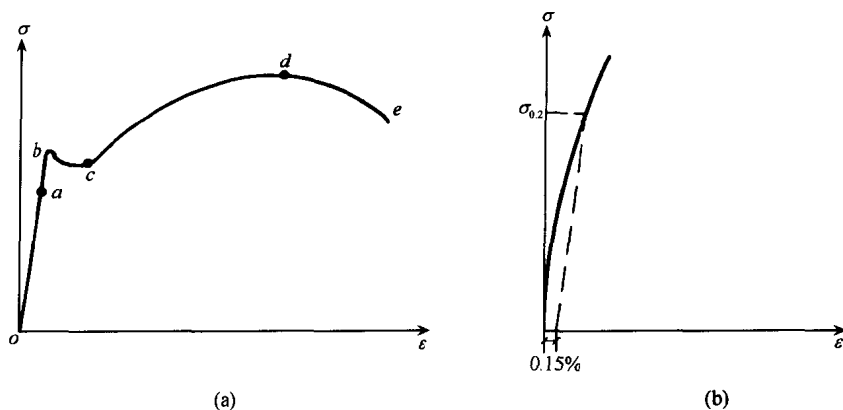


图 2.2 钢筋的应力-应变关系

对于有明显屈服点的钢筋,取其屈服强度作为设计强度的依据。其原因是构件某一截面的钢筋应力达到屈服点后,即使荷载不变,塑性变形仍会继续增加,钢筋尚未达到极限抗拉强度前,构件就已破坏,或因挠度、裂缝过大而不能继续使用。极限抗拉强度不作为设计时的依据,但屈服强度与极限抗拉强度的比值(屈强比)可以反映结构的安全储备,《规范》规定,屈强比不大于 0.8。

对于无明显屈服点的钢筋,设计时一般取残余应变为 0.15% 时的应力作为假想的屈服强度,称为“条件屈服强度”。条件屈服强度不易测定,故对无明显屈服点