

高等学校教材

(专科适用)

建筑 结构

扬州大学

袁建力 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

994256

高等学校教材

||||| 专 科 适 用 |||||

建 筑 结 构

扬州大学 袁建力 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书系根据 1997 年颁布的 SL/T 191—96《水工混凝土结构设计规范》编写,并适当反映了 GBJ10—89《混凝土结构设计规范》和 GBJ3—88《砌体结构设计规范》的设计规定。全书共十一章,内容包括:钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、素混凝土结构和砌体结构等建筑结构类型,介绍了各类结构的材料性能,设计理论和方法,基本构件的计算,基本结构的设计和构造等。

本书具有明显的工程性和较强的实用性,除作为高等学校水利水电类专业的统编教材外,亦可作为高等职业技术教育培训教材以及水利水电工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构/袁建力主编. —北京:中国水利水电出版社, 1998

高等学校教材·专科适用

ISBN 7-80124-635-7

I. 建… II. 袁… III. 建筑结构-高等学校:专业学校-教材 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 00887 号

书 名	高等学校教材 (专科适用) 建筑结构
作 者	扬州大学 袁建力 主编
出 版	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044)
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 21 印张 488 千字
版 次	1998 年 10 月第一版 1998 年 10 月北京第一次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	20.50 元

前 言

本书是根据水利部高等学校水利水电类专业教材(1996~1997年)选题和编审出版规划编写的《建筑结构》课程通用教材。全书共十一章,内容包括钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、素混凝土结构和砌体结构等建筑结构类型,介绍了各类结构的材料性能,设计理论和方法,基本构件的计算,基本结构的设计和构造等。

本书中采用的计算公式、符号及基本数据,主要依据1996年颁布的SL/T 191—96《水工混凝土结构设计规范》,并适当反映了GBJ 10—89《混凝土结构设计规范》和GBJ3—88《砌体结构设计规范》等规范的内容。

本书力求紧密结合工程实际、突出基本知识的应用,书中包含了类型丰富的例题和工程设计实例。为了便于教学和强化基本技能的训练,本书按课程教学大纲编写了思考题、习题和课程设计资料,并提供了完成作业和设计所必需的设计指标和常用图表。

参加本书编写工作的有扬州大学水利学院袁建力(绪论、第二、九章),南昌水利专科学校熊义咏(第三、四、五章),华北水利水电学院邯郸分院姜新佩(第一、八、十章)和山东水利专科学校郑晓燕(第六、七、十一章)。全书由袁建力主编,黑龙江水利专科学校王炳程主审。

河海大学周氏教授、刘瑞教授为本书的创意和编写提供了非常宝贵的意见,各参编学校的领导也对本书的编写给予了极大的关注和支持,在此一并致谢。对于书中存在的错误和缺点,热忱地希望读者批评指正。

编 者

1997年2月

29079/65

目 录

前 言

绪 论	1
第一节 混凝土结构的基本概念	1
第二节 混凝土结构的应用与发展简况	3
第三节 《建筑结构》课程的特点与学习方法	4
第一章 混凝土结构的材料	6
第一节 钢筋	6
第二节 混凝土	11
第三节 钢筋与混凝土的粘结	20
思考题	22
第二章 混凝土结构设计计算方法	23
第一节 结构设计的基本概念	23
第二节 概率设计法和结构可靠指标	25
第三节 极限状态设计原则和分项系数设计表达式	27
思考题	31
第三章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	32
第一节 概述	32
第二节 受弯构件正截面的一般构造	33
第三节 受弯构件正截面的试验研究	36
第四节 单筋矩形截面承载力计算	39
第五节 双筋矩形截面承载力计算	49
第六节 T形截面的承载力计算	56
思考题	67
习题	68
第四章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	71
第一节 概述	71
第二节 斜截面受剪承载力计算	76
第三节 斜截面受弯承载力	87
第四节 钢筋骨架构造	91
第五节 钢筋混凝土伸臂梁设计实例	95
思考题	106
习题	106
第五章 钢筋混凝土受扭构件承载力计算	108

第一节 概述	108
第二节 纯扭构件承载力计算	109
第三节 剪扭和弯扭构件承载力计算	113
第四节 弯剪扭构件的计算方法	116
第五节 受扭构件的构造要求	117
思考题	121
习题	122
第六章 钢筋混凝土受压构件承载力计算	124
第一节 概述	124
第二节 受压构件的构造	125
第三节 轴心受压构件	126
第四节 偏心受压构件	129
第五节 钢筋混凝土立柱设计实例	143
思考题	148
习题	148
第七章 钢筋混凝土受拉构件承载力计算	151
第一节 概述	151
第二节 轴心受拉构件	152
第三节 偏心受拉构件	153
思考题	159
习题	159
第八章 钢筋混凝土结构正常使用极限状态验算	161
第一节 概述	161
第二节 抗裂验算	161
第三节 裂缝开展宽度的验算	168
第四节 受弯构件挠度验算	175
思考题	182
习题	182
第九章 肋形结构及刚架结构	184
第一节 肋形结构的类型	184
第二节 整体式单向板肋形结构	185
第三节 钢筋混凝土肋形楼盖设计实例	194
第四节 整体式双向板肋形结构	206
第五节 刚架结构	213
第六节 立柱牛腿	217
第七节 柱下基础	221
思考题	236
课程设计资料	237

第十章 预应力混凝土结构	242
第一节 预应力混凝土的基本知识	242
第二节 预应力混凝土构件的构造	245
第三节 张拉控制应力和预应力损失	246
第四节 预应力混凝土轴心受拉构件	251
第五节 预应力混凝土受弯构件	260
第六节 预应力混凝土屋面梁设计实例	270
思考题	276
习 题	277
第十一章 素混凝土结构与砌体结构	279
第一节 素混凝土结构	279
第二节 砌体结构	283
第三节 重力式毛石挡土墙设计实例	296
思考题	300
习 题	300
附录一	302
附表 1-1 钢筋强度标准值	302
附表 1-2 钢丝、钢绞线强度标准值	302
附表 1-3 钢筋弹性模量	302
附表 1-4 钢筋强度设计值	303
附表 1-5 钢丝、钢绞线强度设计值	303
附表 1-6 混凝土强度标准值	303
附表 1-7 混凝土强度设计值	304
附表 1-8 混凝土弹性模量 E_c	304
附录二	305
附表 2-1 水工结构若干作用随时间变异的分类	305
附录三	306
附表 3-1 混凝土结构伸缩缝最大间距	306
附表 3-2 混凝土保护层最小厚度	306
附表 3-3 受拉钢筋的最小锚固长度 l_a	306
附表 3-4 钢筋混凝土构件纵向受力钢筋基本最小配筋率 ρ_{0min} (%)	306
附表 3-5 钢筋混凝土结构构件最大裂缝宽度允许值	307
附表 3-6 预应力混凝土构件裂缝控制等级、混凝土拉应力限制系数及最大裂缝宽度允许值	307
附表 3-7 受弯构件的允许挠度	307
附录四	308
附表 4-1 钢筋的计算截面面积及公称质量表	308
附表 4-2 钢绞线的公称截面面积及公称质量表	308
附表 4-3 各种钢筋间距时每米板宽中的钢筋截面面积	309

附录五	310
附表 5-1 在均布荷载和集中荷载作用下等跨连续梁的内力系数	310
附表 5-2 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	317
附表 5-3 各种荷载化成具有相同支座弯矩的等效均布荷载	320
附录六	321
附表 6-1 砖砌体的抗压强度设计值	321
附表 6-2 一砖厚空斗砌体的抗压强度设计值	321
附表 6-3 混凝土小型空心砌块砌体的抗压强度设计值	321
附表 6-4 中型砌块砌体的抗压强度设计值	321
附表 6-5 毛料石砌体的抗压强度设计值	322
附表 6-6 毛石砌体的抗压强度设计值	322
附表 6-7 沿砌体灰缝截面破坏时的轴心抗拉强度设计值、弯曲抗拉强度设计值和抗剪强度设计值	322
附表 6-8 沿块体截面破坏时的普通砖砌体的轴心抗拉强度设计值和弯曲抗拉强度设计值	323
附表 6-9 砌体的弹性模量	323
附表 6-10 砌体的线膨胀系数	323
附表 6-11 摩擦系数	323
附表 6-12 影响系数 ϕ 表	324
附表 6-13 受压构件的计算高度 H_0	326
参考文献	327

绪 论

第一节 混凝土结构的基本概念

建筑结构是土木工程建筑物承重骨架的总称。在水利水电工程中，为治理水患和开发利用水资源，需要建造各种建筑物和构筑物，它们的承重骨架大多为混凝土结构。混凝土结构是以混凝土为主要材料制作的结构，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等。其中，钢筋混凝土结构是工程中应用最广泛的结构型式。

钢筋混凝土结构是由钢筋和混凝土两种材料组成的共同受力结构。由于混凝土具有较高的抗压强度和良好的耐久性能，而钢筋具有较高的抗拉强度和良好的塑性性能，因此，将这两种材料合理地结合在一起，可得到具有良好使用性能的构件或结构。图 0-1 显示了钢筋混凝土构件的钢筋配置方式和一般工作原理。

在钢筋混凝土受弯构件中 [图 0-1 (a)]，混凝土主要承受压力并保证构件的整体刚度；钢筋主要配置在受拉区以抵抗拉力，并限制着受拉混凝土裂缝的集中扩展。只要设计合理，钢筋和混凝土两种材料的性能都可以得到充分发挥。

在钢筋混凝土受压构件中 [图 0-1 (b)]，钢筋既可抗拉，也可抗压，从而可提高构件的承载能力。此外，配置钢筋还可增强构件的延性，防止混凝土出现突然的脆性破坏。

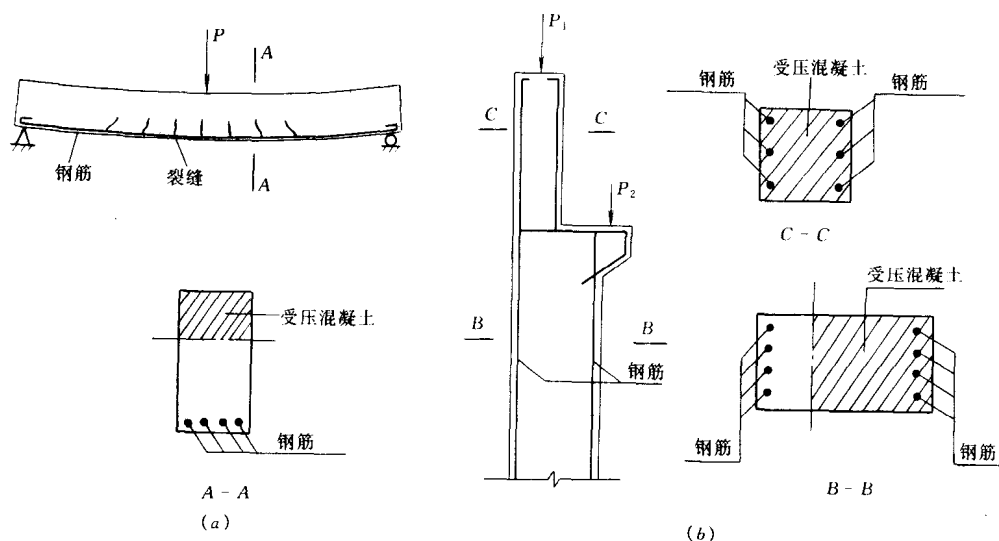


图 0-1 钢筋混凝土构件的工作原理

(a) 受弯构件；(b) 受压构件

钢筋和混凝土这两种性能不同的材料能结合在一起受力，主要是由于混凝土硬化后能与钢筋牢固地粘结成整体，当构件承受外荷载时，两者之间不致发生相对滑动，能共同工

作；其次，两者的温度线膨胀系数非常相近（钢筋为 1.2×10^{-5} ，混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ ），当温度变化时，不致因胀缩不同而破坏它们的整体性。

钢筋混凝土除了能合理地利用钢筋和混凝土两种材料的受力性能，还有下列主要优点：

(1) 耐久性。根据实际的观察，建造很久的钢筋混凝土结构中的钢筋，由于受到混凝土的保护而不致锈蚀，同时混凝土本身的强度又随时间的增加而有所增长，所以钢筋混凝土具有良好的耐久性，不象钢结构那样需要经常地保养和维修。即使处于侵蚀性气体中或受海水浸泡的钢筋混凝土结构，只要选择适当的水泥和骨料，经过合理的设计，其耐久性也很高。

(2) 耐火性。由于混凝土是不良的传热导体，钢筋有混凝土作为保护层，就不致因燃烧而很快地达到钢材软化的危险温度（约为 500°C 左右），所以钢筋混凝土结构是耐火结构。

(3) 可模性。钢筋混凝土可以根据实际需要浇制成各种形状和尺寸的结构，容易满足建筑上的要求。

(4) 整体性。与砖石等砌体结构相比，钢筋混凝土结构具有较好的整体刚度，特别是整体现浇的钢筋混凝土结构，具有较好的抗震和防爆性能。

但是，钢筋混凝土结构也存在着下列主要缺点：

(1) 自重大。钢筋混凝土的重力密度约为 25 kN/m^3 ，比砌体和木材的重度都大。它虽然比钢材的重度小，但结构的截面尺寸较大，因而其自重远远超过相同跨度或高度的钢结构的重量。

(2) 抗裂性差。由于混凝土的抗拉强度很低，当受拉钢筋发挥作用时，将使受拉区混凝土拉伸开裂。因此，钢筋混凝土构件的受拉区经常带裂缝工作。尽管裂缝的存在并不一定意味着结构发生破坏，但是它影响着结构的适用性和耐久性。

针对钢筋混凝土结构的缺点，人们已经研究出许多改进的措施。例如，为了克服钢筋混凝土自重大的缺点，已经研制出多种轻质高强混凝土

和高强度钢筋，从而使构件的截面尺寸减小、自重减轻。为了克服钢筋混凝土受拉容易开裂的缺点，可以预先在混凝土的受拉区施加压力，造成人为的压应力状态，使产生的压应力可全部或部分地抵消荷载引起的拉应力。这样的混凝土结构称之为预应力混凝土结构。

预应力混凝土结构的主要优点是抗裂性能好，并且能充分利用高强度材料来减小截面尺寸，因而可用来建造大跨度和高耸建筑物的承重结构。如图 0-2 所示的预应力坝，预应力钢筋的下端锚固在地基下的岩石中，在坝顶用千斤顶张拉钢筋，然后加以锚定。它能使坝体的上游面产生预压应力，以抵消水压作用而产生的拉应力。通过对坝体施加预应力，可以大大缩减坝体截面并增加了坝体的稳定性。

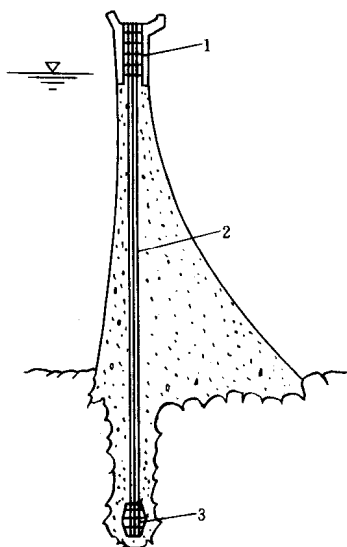


图 0-2 预应力混凝土坝示意

1—坝顶锚定块；2—预应力钢筋；3—锚定坑

第二节 混凝土结构的应用与发展简况

混凝土结构自 19 世纪中叶开始应用以来,发展极为迅速。目前已成为现代工程建设中应用最为广泛的建筑结构。

在水利水电工程中,钢筋混凝土被广泛地用来建造水坝、水电站、水闸、船坞、码头、渡槽等。例如,在我国水电建设中发挥了巨大作用的葛洲坝水利枢纽、龙羊峡水电站、新安江水电站等,都是规模宏伟的钢筋混凝土工程。举世瞩目的长江三峡水利枢纽工程,是一座具有防洪、发电、航运、养殖、供水等综合利用效益的特大型水利工程(图 0-3)。这项工程将完成近 3000 万 m^3 的混凝土结构和 28 万 t 的金属结构,是工程建设史上空前的壮举。

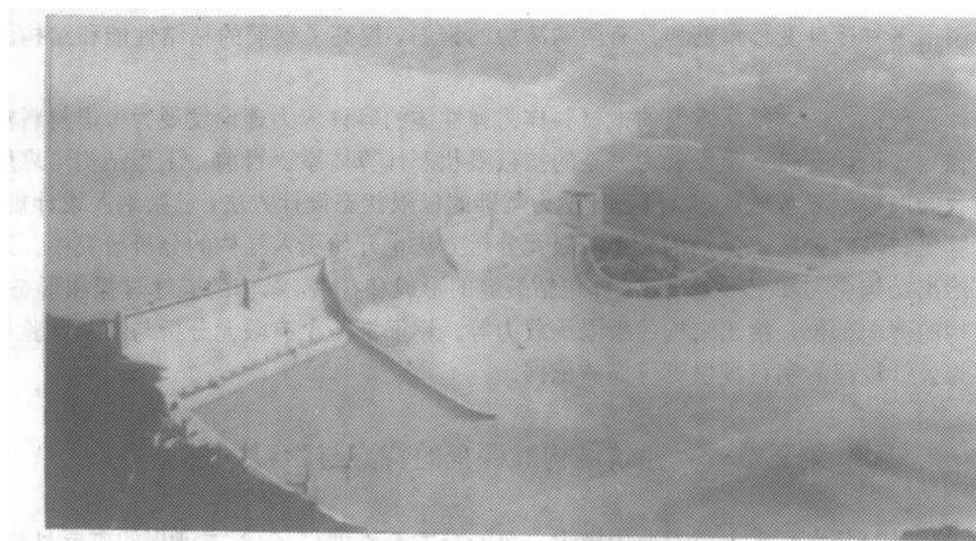


图 0-3 长江三峡工程鸟瞰图

根据中国建筑科学研究院 1996 年底的统计,在工业与民用建筑工程中,钢筋混凝土被用来建造厂房、仓库、高层建筑、电视塔等。国内 100 m 以上的超高层建筑已达一百多栋,其中最高的是广州中天大厦,共 82 层,高达 322 m。

钢筋混凝土也是交通运输工程建设的理想材料,可以用来建造桥梁、隧道、飞机场和道路等。我国在大江大河上已建造了数十座钢筋混凝土桥梁,其中跨越长江的万县大桥,主跨达 420 m,是目前世界最大跨度的钢筋混凝土箱形拱桥。

自 20 世纪 80 年代起,我国预应力混凝土的应用开始形成规模,预应力技术水平也进入新的发展阶段。高效预应力技术在水工建筑、工业与民用建筑、桥梁建筑和其他特种结构中都有着广泛的应用。到目前为止,跨度最大的预应力混凝土斜拉桥为上海扬浦大桥,主跨达 602 m;最高的预应力混凝土电视塔为上海广播电视塔,高 454 m。预应力混凝土还被应用于秦山核电站安全壳、葛洲坝和龙羊峡水电站大坝的大推力弧形门闸墩等工程中,使

工程取得了良好的经济效益和可靠的工程效果。

据统计资料报导,我国水泥产量目前已居世界第一位,1995年产量达到了4亿t,占当年世界水泥产量的31%。可以预见,混凝土结构将是我国今后相当长时期的重要的工程结构。

随着混凝土结构在工程建设中的广泛应用,我国在混凝土结构的材料、基本构件性能、计算理论和设计方法等方面,也进行了一系列有计划的科学研究,并取得了显著的进展。

在材料研究方面,主要是向高强、轻质、耐久、抗震、抗冲磨方向发展。目前,混凝土所采用的强度等级已逐年提高,C50、C60(MPa)的高强混凝土已普遍用于各类建筑物中,已研制出C100以上的高强混凝土并开始在工程中试用。各种轻质混凝土、纤维混凝土、聚合物浸渍混凝土以及各种改善混凝土性能的外加剂已广泛地用于工程实际中。混凝土结构所用的钢材,不仅强度等级有了明显的提高,在工作性能方面也取得了显著的改进。我国自行开发了1760 MPa的低松弛高强预应力钢丝、钢绞线,满足了国内需要并有部分出口;研制出多种冷轧变形钢筋和具有防锈涂层的钢筋,提高了钢筋的粘结性能和结构的耐久性。

在计算理论方面,已从古典的把材料作为弹性体的容许应力理论发展为考虑材料塑性的极限强度理论,并进一步发展为完整的按极限状态计算体系。目前,工程结构可靠度的研究在我国取得了显著进展,以概率理论为基础的极限状态设计方法,已被纳入设计规范。随着计算机技术的推广,钢筋混凝土有限元分析方法也开始引入结构的分析研究中。这种方法可给出结构受力和变形的全过程,包括裂缝的形成和扩展,结构的破坏过程和形态,显示出结构的薄弱部位,给出结构的极限承载力等。钢筋混凝土有限元分析与结构试验相结合,将为设计规范的制订提供更可靠的依据。

第三节 《建筑结构》课程的特点与学习方法

《建筑结构》是水利水电类专业中极为重要的技术基础课程。学习本课程的主要目的是:掌握混凝土结构和砌体结构在设计计算及构造方面的基本理论、基本知识和基本方法,熟悉和运用相应的结构设计规范,为今后能顺利地从事结构设计和指导施工打下牢固的基础。

在本课程中,将以水利水电工程中广泛应用的钢筋混凝土结构为重点,介绍钢筋混凝土基本构件和结构的受力性能、计算方法与构造要求。需要指出的是,钢筋混凝土是由钢筋和混凝土结合而成的材料,它与《材料力学》课程中研究的理想弹性材料或理想弹塑性材料有很大的区别。在学习时应很好地理解和掌握钢筋和混凝土这两种材料的力学性能、钢筋混凝土整体受力时的变形与破坏特点、以及构件设计所采用的极限状态方法。

鉴于钢筋混凝土的力学特性及强度理论异常复杂,目前还难以用简单的数学模型和力学模型来概括。因此,钢筋混凝土结构的计算公式通常是在大量实验的基础上建立起来的。我们必须十分重视这种通过实验建立理论的方法,同时还应注意每一理论的适用范围和条件,在实际工程中才能正确地运用这些理论与公式。

一个完整的结构设计,不仅需要正确的计算,还需要合理的构造措施。对于在计算中不易详细考虑而忽略的因素,以及为了照顾施工方便和可能等条件,结构设计时必须通

过一定的构造措施加以完善。结构设计规范根据长期工程实践经验，总结出了一套构造措施。正确地采用构造措施，是我们学习中非常重要的一个方面。

工程结构的设计，要求做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量。为了指导结构设计工作，各国都制订有专门的技术标准和设计规范，它们是各国一定时期理论研究成果和实践经验的总结。目前，我国水利水电工程的混凝土结构设计，应遵循水利部发布的SL/T 191—96《水工混凝土结构设计规范》（本书以下简称《规范》）。学习本课程时，应树立技术经济法规观念，通过作业、课程设计、生产实习等实践教学环节，进一步熟悉、掌握和运用《规范》，为今后的工作实际奠定扎实的基础。

第一章 混凝土结构的材料

第一节 钢 筋

一、钢筋的种类和级别

我国目前用于混凝土结构中的钢筋，按化学成分可分为碳素钢和低合金钢两大类。钢材的化学成分主要是铁元素，其次是碳元素，此外还含有少量硅、锰、硫、磷等元素。碳素钢的机械性能与含碳量密切相关。随着含碳量的增加，钢材的强度提高，但塑性和韧性以及焊接性能相应降低。按含碳量的多少，碳素钢可分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。低碳钢的含碳量低于 0.25%，如常用的 I 级钢筋；高碳钢的含碳量高于 0.6%，如高强碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线等。硅、锰元素可以提高钢材的强度和保持一定的塑性。硫、磷是钢材中的有害元素，使钢材易于脆断。在低碳钢中加入少量硅、锰、铌、钒、钛等合金元素，便可成为低合金钢，如 20 锰硅钒、40 硅 2 锰钒、45 硅锰钒等。这些元素主要用来提高钢材的强度和改善钢材的韧性性能。

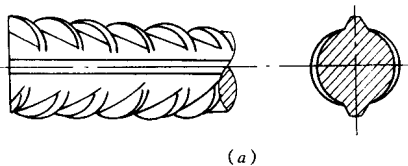
在钢筋混凝土和预应力混凝土结构中，要求钢筋具有一定的强度、足够的塑性和良好的焊接性能，并能与混凝土之间形成有效的粘结。按照加工工艺和力学性能的不同，国产钢筋可以分为热轧钢筋、冷拉钢筋、冷轧带肋钢筋、热处理钢筋和钢丝及钢绞线五类。

1. 热轧钢筋

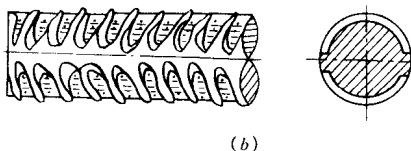
热轧钢筋按其强度由低到高分成四级：I、II、III、IV 级，它们由冶金工厂直接热轧成型。

(1) I 级钢筋 (ϕ) 是由普通碳素钢 Q235 经热轧而成的光圆钢筋。它是一种低碳钢，质量稳定，塑性好，易于焊接，易加工成型，但强度低。I 级钢筋主要用作中小型钢筋混凝土结构构件的受力钢筋以及各种构件的箍筋和构造钢筋。

(2) II 级钢筋 (Φ) 主要由 20MnSi 和 20MnNb (b) 低合金钢经热轧而成的变形钢筋，



如图 1-1 (a) 所示。这种钢筋强度较高且与混凝土有良好的粘结性能，塑性和焊接性能也较好，易加工成型。II 级钢筋主要用作大、中型钢筋混凝土结构构件的受力钢筋，特别适用于承受多次重复荷载、地震作用及其它振动和冲击荷载的结构构件。



(3) III 级钢筋 (Φ) 主要是由 20MnTi 和 20MnSiV 低合金钢经热轧而成的变形钢筋，其外形为月牙肋形。这种钢筋强度高且与混凝土的粘结性能较好，但由于含碳量较高，塑性和可焊性能稍差。用 III 级钢筋作为受力钢筋的构件，如果需要充分发挥钢筋的强度，则会使混凝土裂缝开展得很大。因此，III 级钢筋常经过冷拉作为预应力钢筋。

图 1-1 变形钢筋形状

(a) 月牙肋钢筋；(b) 螺纹钢

(4) IV级钢筋(Ⅳ)由40Si2MnV、45SiMnV和45Si2MnTi热轧而成的变形钢筋,外形为等高肋形(螺纹形),如图1-1(b)所示。IV级钢筋由于含碳量较高,因此强度高,但塑性和可焊性较差。一般经冷拉后用作预应力钢筋。

2. 冷拉钢筋(ϕ' ~Ⅳ')

在常温下,对热轧钢筋进行张拉,使其强度提高,从而可节约钢材。冷拉I级钢筋(ϕ')可用于普通钢筋混凝土构件,但应注意,对于直径大于12mm的I级钢筋,如经冷拉,不得利用冷拉后的强度;冷拉II(ϕ')、III(ϕ')、IV(ϕ')级常用作预应力钢筋。钢筋经冷拉后性质变脆,故一般不宜用于承受冲击荷载或重复荷载的构件及处于负温下的结构。另外,由于在很高的焊接温度下钢筋的冷拉强化效应会完全消失,因此,钢筋必须先焊接,然后进行冷拉。

3. 冷轧带肋钢筋(ϕ^R)

冷轧带肋钢筋是采用低碳钢或低合金钢热轧圆盘条为母材,经多道冷轧和冷拔减径后在其表面压肋形成两面或三面月牙形横肋的钢筋,如图1-2所示。和母材相比,冷轧带肋钢筋的强度有较大的提高,粘接锚固性能也得到了改进。冷轧带肋钢筋按抗拉强度分LL550、LL650及LL800三个强度等级,其中LL550冷轧带肋钢筋适用于钢筋混凝土构件,LL650和LL800级冷轧带肋钢筋适用于中、小型预应力混凝土构件。

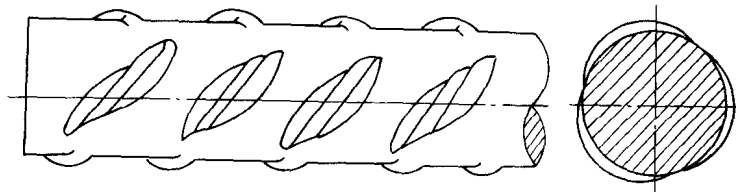


图 1-2 冷轧带肋钢筋的外形与截面形状(三面肋)

4. 热处理钢筋(Ⅳ')

热处理钢筋是由强度大致相当于IV级的某些特定钢号钢筋经过淬火和回火处理后制成的,表面一般为螺纹形。钢筋的淬火是指钢筋经高温后突然冷却的过程;钢筋的回火是指钢筋经高温后逐渐冷却的过程。钢筋经淬火后强度大幅度提高,但塑性和韧性相应降低。经过高温回火可以在不降低强度的前提下改善淬火所形成的不稳定组织,消除淬火产生的内应力,使塑性和抗冲击韧性得到改善。和母材相比,热处理钢筋的强度显著提高,但塑性降低不多,是相当理想的预应力钢筋。

5. 钢丝、钢绞线

直径小于6mm的钢筋称为钢丝。国产钢丝有碳素钢丝(ϕ')、刻痕钢丝(ϕ')等。钢绞线是由七根光面钢丝绞制而成,它与混凝土或水泥浆的粘结优于光面钢丝。碳素钢丝、刻痕钢丝及钢绞线都具有很高的抗拉强度,只能用于预应力混凝土结构。

二、钢筋的力学性能与主要技术指标

由于各种钢筋的化学成分和制造工艺的不同,它们的力学性能有明显差异。钢筋按应力~应变性质的不同,可分为有明显流幅的钢筋(软钢)和无明显流幅的钢筋(硬钢)。热

轧钢筋和冷拉钢筋属于有明显流幅的钢筋，钢丝、钢绞线、热处理钢筋和冷轧带肋钢筋则属于无明显流幅的钢筋。

1. 有明显流幅的钢筋（软钢）

有明显流幅的钢筋从开始加荷到拉断有四个阶段，即弹性阶段、屈服阶段、强化阶段和破坏阶段。

有明显流幅的钢筋在单向拉伸时的应力~应变曲线如图 1-3 所示。在 a 点以前，应力与应变按比例增加，其关系符合虎克定律。 a 点对应的应力称为比例极限， $0a$ 段属于弹性工作阶段。到达 b 点后，钢筋进入屈服阶段，产生相当大的塑性变形，在应力~应变曲线中呈现一水平段，称为流幅。 b 点应力称为屈服极限或屈服强度。超过 c 点后，应力应变关系重新表现为上升的曲线，曲线的最高点 d 点的应力称为极限抗拉强度， cd 段称为强化阶段。此后钢筋试件将产生颈缩现象，应力应变关系成下降曲线，到达 e 点钢筋被拉断， de 段称为破坏阶段。

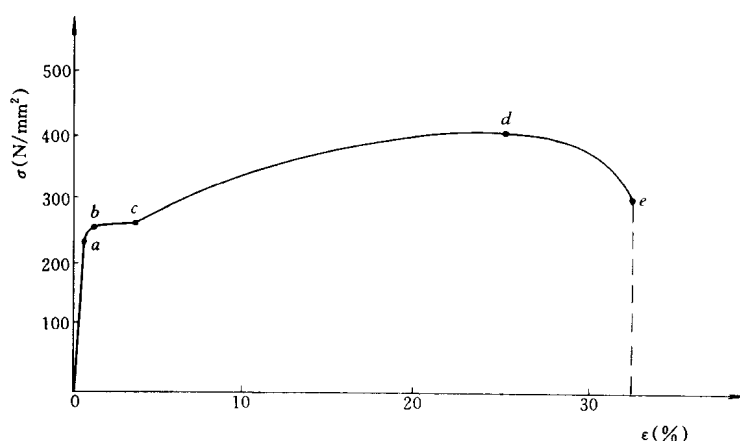


图 1-3 有明显流幅钢筋的应力~应变曲线

屈服极限是软钢的主要强度指标。当混凝土中的钢筋应力达到屈服极限后，荷载不增加，钢筋应变会突然增大，使得混凝土裂缝开展过宽，构件变形过大，结构不能正常使用。所以软钢钢筋的受拉强度限值以屈服强度为准。《规范》规定，对有明显流幅的热轧钢筋，采用国家标准规定的屈服点作为钢筋强度标准值；对冷拉钢筋，取屈服点作为钢筋强度标准值。国标规定的屈服点，即钢厂出厂检验的废品限值。根据我国主要钢厂钢筋强度的统计表明，国标规定的屈服点，其保证率都在 95% 以上。热轧钢筋和冷拉钢筋的强度标准值用 f_{yk} （普通钢筋）或 f_{pyk} （预应力钢筋）表示，详见附录一的附表 1-1。

极限抗拉强度是软钢的又一强度指标。钢筋的屈服强度与其极限强度的比值称为屈强比。这个指标反映出结构可靠性能潜力的大小，屈强比越小，结构的可靠储备越大。

反映钢筋质量的另一指标是钢筋的塑性能。混凝土结构要求钢筋在断裂前有足够的变形，能给人们以破坏的预兆。钢筋塑性性能的基本指标是“伸长率”和“冷弯性能”。伸长率是钢筋拉断后的伸长值与原长的比率，即

$$\delta = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 δ ——伸长率，%；

l_1 ——试件拉伸前的标距长度，一般短试件 $l_1=5d$ 、长试件 $l_1=10d$ ， d 为试件直径；

l_2 ——试件拉断后标距长度。

钢筋的伸长率越大，塑性性能越好，拉断前有明显预兆。

钢筋的塑性除用伸长率标志外，还用冷弯试验来检验。冷弯是在常温下将钢筋绕某一规定直径的辊轴进行弯曲，如图 1-4 所示。如果在达到规定的冷弯角度时钢筋不发生裂缝、起层或断裂，即认为钢筋的冷弯性能符合要求。常用冷弯角度 α 及弯心直径 D 与钢筋直径 d 比值来反映冷弯性能。 D 值越小， α 值越大，则钢筋的冷弯性能越好。

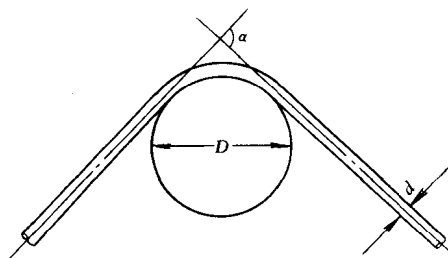


图 1-4 钢筋冷弯

屈服极限、极限强度、伸长率和冷弯性能反映了有明显流幅钢筋的力学及工艺性能，是对钢筋进行质量检验的主要技术指标。

各级热轧钢筋的应力~应变曲线，如图 1-5 所示。从图中可以看出，钢筋的级别越高，屈服极限和抗拉强度就越高，但流幅缩短，塑性降低。

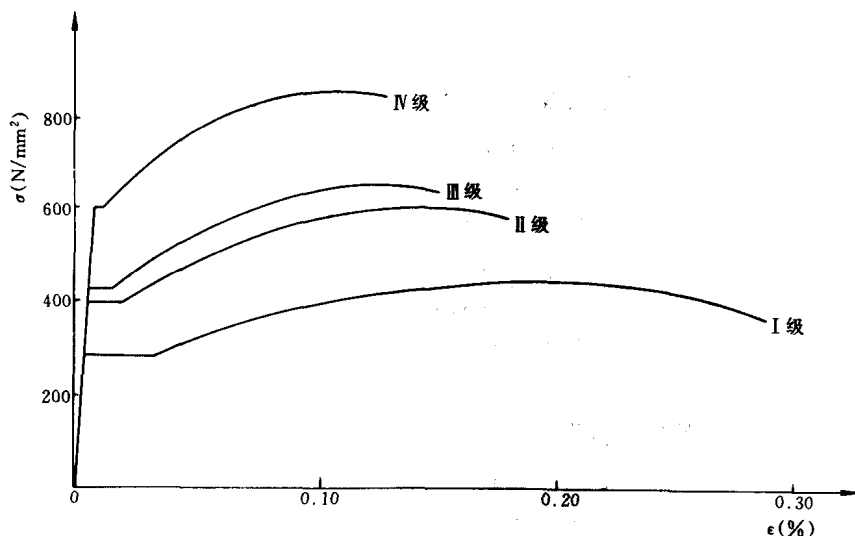


图 1-5 各级热轧钢筋的应力~应变曲线

2. 无明显流幅的钢筋（硬钢）

无明显流幅钢筋的应力~应变曲线，如图 1-6 所示。由于曲线上没有明显的屈服点和流幅，所以常取经加载及卸载后尚有 0.2% 永久残余应变时所对应的应力值作为假定的屈服强度，称为条件屈服强度，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。由于条件屈服强度不容易测定，因此这类钢筋通常以极限抗拉强度 σ_b 作为主要的强度指标，再由 $\sigma_{0.2}=0.8\sigma_b$ 换算成条件屈服强度，即硬钢的标准强度。无明显流幅钢筋的强度标准值用 f_{stk} （普通钢筋）或 f_{ptk} （预应力钢筋）表示，