



**Concrete Structure and
Masonry Structure**



普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育）

混凝土结构 与砌体结构



尹维新 主 编
李靖颀 李元美 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育）

PUTONG
GAODENG JIAOYU
SHIYIWU
GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

混凝土结构与砌体结构

主 编 尹维新
副主编 李靖颖 李元美
编 写 刘红宇 那瑞萍
段春花 孟宪建
主 审 刘良伟 范文昭

- [1] 尹维新, 李靖颖. 混凝土结构工程. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [2] 李元美, 李靖颖. 砌体结构设计. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [3] 罗国强. 砌体结构设计. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [4] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [5] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [6] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [7] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [8] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [9] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [10] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [11] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [12] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [13] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [14] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [15] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [16] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [17] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [18] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [19] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [20] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [21] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [22] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [23] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [24] 林维一对半学高一讲. 北京: 中国电力出版社, 2002.

2008年2月北京第1次印刷 2008年2月北京第1次印刷
787mm×1092mm 1/32 32页 1.5万字 1.5万字
定价: 28.00元



中国电力出版社

http://jc.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育）。

本书按照全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会土建施工类专业指导分委员会关于建筑工程技术专业对本课程的教学基本要求，根据我国现行《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，结合编者多年的教学实践经验，并充分考虑各院校的教学需要编写而成。全书共十三章，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，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，受扭、受压及受拉构件承载力计算，预应力混凝土构件计算，单层厂房排架结构、多层框架结构房屋和砌体结构的设计。同时，依据教学内容、进度和环节，编写了相应的工程设计计算实例和实训题以及设计实训任务书等。全书注重工学结合，突出职业能力培养，具有较强的实用性和通用性，既可作为高职高专建筑工程技术专业 and 函授土建类有关专业的教材，也可作为土木工程技术人员的学习用书，以及考取职业资格证书的学习用书。

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，2008.2

普通高等教育“十一五”国家级规划教材·高职高专教育
ISBN 978-7-5083-6348-6

I. 混… II. 尹… III. ①混凝土结构—高等学校—教材
②砌体结构—高等学校—教材 IV. TU37 TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 196001 号

中国电力出版社出版、发行

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

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 2 月第一版 2008 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 24.5 印张 597 千字

定价 39.50 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

本书是按照高等职业教育建筑工程技术专业应用型人才培养目标、规格以及本课程的教学大纲，以我国现行《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2002）和《砌体结构设计规范》（GB 50003—2001）等规范为依据，经广泛征求有关院校师生和建筑企业技术人员的意见后编写的。

本书在编写中，紧紧围绕职业能力的培养，以工学结合为主线构建课程新体系。按受弯构件的正截面与斜截面承载力计算、裂缝与变形验算以及梁板结构的设计安排教学内容，并增加了钢筋混凝土外伸梁的设计计算实例和施工图的绘制以及实训题。同时，将受扭构件的截面承载力计算与雨篷的结构设计编入同一章，增加了雨篷的设计计算实例和实训题。对受压构件的承载力计算不仅编写了典型的算例，而且也增加了钢筋混凝土柱的设计计算实例和实训题。对混凝土梁板结构、单层厂房排架结构和多层框架结构房屋分别编写了详实的设计计算实例和可组合出多种实训方案的设计实训任务书。对砌体结构同样编写了设计计算实例和实训题。总之，本书既可从多方面满足各院校实际教学的需要，也符合实际工程的要求。

本书内容包括绪论；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；钢筋混凝土构件的裂缝及变形验算；混凝土梁板结构设计；受扭、受压及受拉构件承载力计算；预应力混凝土构件计算；单层厂房排架结构、多层框架结构房屋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和实用性较强的算例、思考题、习题与实训题（有*号）、设计计算实例以及实训任务书。因此，本书除作为高职高专建筑工程技术专业 and 函授土建类有关专业的教学用书外，还可作为土木工程技术人员的技术参考书和考取职业资格证书的学习用书。

参加本书编写工作的有太原电力高等专科学校尹维新（绪论、第二章、第十一章）、刘红宇（第十三章），太原大学李靖颀（第四章、第五章第四节）、孟宪建（第六章、第七章），山东城市建设职业学院李元美（第一章、第十二章），山西建筑职业技术学院段春花（第三章、第五章第一节～第三节），太原城市职业技术学院那瑞萍（第八章、第九章、第十章）。本书多媒体课件由尹维新（第三章、第五章、第十一章、第十二章）、刘红宇（绪论、第一章、第二章、第十三章）、李靖颀（第四章）、孟宪建（第六章、第七章）、那瑞萍（第八章、第九章、第十章）编写和制作。全书由尹维新主编，李靖颀、李元美副主编，太原理工大学刘良伟和山西建筑职业技术学院范文昭担任主审。

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。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，诚恳地希望读者批评指正。

编者

2007年9月

目 录

前言	1
绪论	1
第一节 建筑结构的—般概念	1
第二节 钢筋混凝土结构的特点	1
第三节 混凝土结构的发展及应用简况	3
第四节 课程内容及教学中注意的问题	3
思考题	4
第一章 钢筋和混凝土材料的力学性能	5
第一节 钢筋	5
第二节 混凝土	8
第三节 钢筋与混凝土的黏结	13
思考题	16
第二章 结构设计基本原则	17
第一节 基本概念	17
第二节 结构功能和可靠度	20
第三节 极限状态设计法	22
第四节 混凝土结构耐久性规定	26
思考题	28
第三章 受弯构件正截面承载力计算	29
第一节 概述	29
第二节 受弯构件的基本构造要求	30
第三节 受弯构件正截面受力性能	32
第四节 受弯构件正截面承载力计算的基本理论	35
第五节 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	38
第六节 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	44
第七节 T形截面受弯构件正截面承载力计算	49
思考题	56
习题与实训题	57
第四章 受弯构件斜截面承载力计算	58
第一节 概述	58
第二节 无腹筋梁斜截面受剪性能	58
第三节 有腹筋梁斜截面受剪性能	61
第四节 斜截面受剪承载力计算	65
第五节 构造要求	70

第六节	钢筋混凝土外伸梁设计计算实例	76
思考题		80
习题与实训题		80
第五章	钢筋混凝土构件的裂缝宽度和变形验算	83
第一节	概述	83
第二节	钢筋混凝土构件裂缝宽度验算	84
第三节	受弯构件的挠度验算	87
第四节	钢筋混凝土外伸梁变形和裂缝宽度验算实例	89
思考题		90
习题		91
第六章	混凝土梁板结构	92
第一节	概述	92
第二节	整体式单向板肋形楼盖	93
第三节	整体式单向板肋形楼盖设计计算实例	109
第四节	整体式双向板肋形楼盖	119
第五节	现浇双重井式楼盖	125
第六节	楼梯	127
思考题		135
习题与实训题		135
钢筋混凝土肋形楼盖设计实训任务书		136
第七章	受扭构件承载力计算	138
第一节	概述	138
第二节	矩形截面纯扭构件承载力计算	138
第三节	弯剪扭构件承载力计算	141
第四节	雨篷	144
第五节	钢筋混凝土雨篷设计计算实例	145
思考题		149
习题与实训题		150
第八章	受压构件承载力计算	151
第一节	受压构件的计算分类及配筋构造	151
第二节	轴心受压构件承载力的计算	153
第三节	偏心受压构件正截面承载力计算	156
第四节	矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算方法	161
第五节	T形和工字形截面偏心受压构件正截面承载力计算方法	173
第六节	受压构件斜截面受剪承载力计算	176
第七节	钢筋混凝土柱设计计算实例	177
思考题		179
习题与实训题		180

第九章 受拉构件承载力计算	182
第一节 概述.....	182
第二节 轴心受拉构件正截面承载力计算.....	182
第三节 偏心受拉构件承载力计算.....	183
思考题.....	186
习题.....	186
第十章 预应力混凝土构件计算	187
第一节 预应力混凝土的基本概念.....	187
第二节 预加应力的方法.....	188
第三节 预应力混凝土材料及锚夹具.....	190
第四节 张拉控制应力和预应力损失.....	193
第五节 预应力混凝土轴心受拉构件计算.....	198
第六节 预应力混凝土轴心受拉构件设计示例.....	205
第七节 预应力混凝土构件的构造.....	208
思考题.....	209
习题.....	209
第十一章 单层厂房排架结构	211
第一节 概述.....	211
第二节 排架结构的结构组成.....	211
第三节 排架结构的布置和构件选型.....	213
第四节 排架结构的内力分析与组合.....	220
第五节 排架柱的设计.....	232
第六节 柱下单独基础设计.....	236
第七节 单层厂房排架结构设计计算实例.....	242
思考题.....	263
习题与实训题.....	263
单层单跨装配式钢筋混凝土排架结构厂房设计实训任务书.....	265
第十二章 多层框架结构房屋	267
第一节 多高层建筑结构体系简介.....	267
第二节 框架结构房屋的结构布置.....	270
第三节 框架杆件的截面尺寸和计算简图.....	271
第四节 竖向荷载作用下的内力近似计算.....	272
第五节 水平力作用下的内力近似计算.....	276
第六节 框架结构侧移的近似计算及限值.....	285
第七节 框架结构的内力组合与截面设计要点.....	286
第八节 现浇框架结构的节点构造.....	287
第九节 现浇框架结构办公楼设计计算实例.....	289
思考题.....	299
习题与实训题.....	299

绪 论

第一节 建筑结构的一般概念

在土建工程中,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。

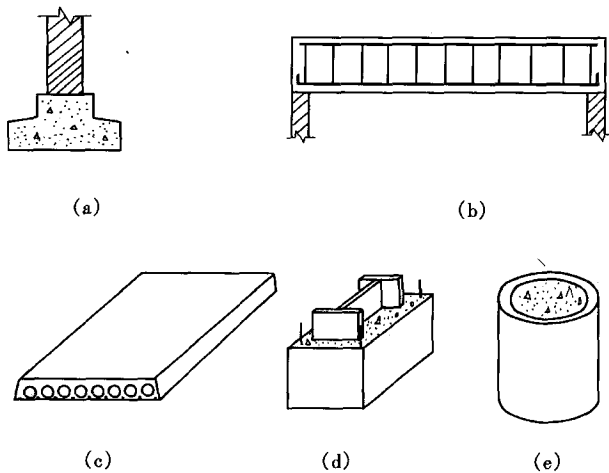


图 0-1 混凝土结构的常见形式

(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) 钢筋混凝土柱; (e) 钢管混凝土柱

- (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。
(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,一般仅为抗压强度的 $1/20 \sim 1/8$ 。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。

试验表明，用素混凝土制作的梁，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

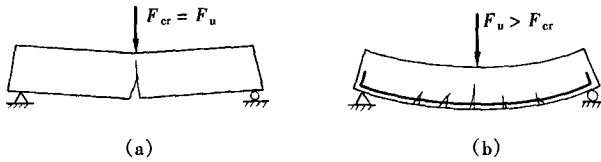


图 0-2 混凝土梁的破坏
(a) 素混凝土梁；(b) 钢筋混凝土梁

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 明显地高于开裂荷载 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黏结力，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黏结力破坏。
- 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) 自重较大。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，可极大地提高施工效率。

第三节 混凝土结构的发展及应用简况

混凝土结构在土建工程中的应用历史虽然较短,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,大大地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 课程内容及教学中注意的问题

本教材由“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,为从事土建工程设计、施工及管理工打下基础。

本教材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。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、单层厂房排架结构、多层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。

在教学中应注意以下几点:

1) 混凝土结构和砌体结构的基本构件是由混凝土、钢筋、块体、砂浆等两种或两种以上材料组成的构件,混凝土和砌体又是非匀质、非弹性的材料。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同样适用。

2) 混凝土结构和砌体结构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，在学习时，要注意试验研究结果，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，在教学时，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试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实践性较强的课程。在教学中，应加强工学结合，注重实训教学，突出职业能力培养。

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。本教材主要依据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) (以下简称《规范》)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001) (以下简称《荷载规范》)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001) 等编写。在学习时，要注意熟悉规范，并正确地应用规范。

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？

第一章 钢筋和混凝土材料的力学性能

第一节 钢 筋

一、钢筋的品种、等级与形式

在土建工程中,钢筋按化学成分不同分为碳素结构钢和普通低合金钢。碳素结构钢随着含碳量的增加,强度提高,塑性降低。普通低合金钢是在碳素钢的基础上,再加入少量的合金元素,如锰(Mn)、硅(Si)、钒(V)、钛(Ti)等,以提高钢筋的强度,保证其塑性和可焊性。

钢筋按生产加工工艺和力学性能的不同分为热轧钢筋、热处理钢筋、钢丝和钢绞线。热轧钢筋是由低碳钢、普通低合金钢在高温下直接轧制而成的,有HPB235、HRB335、HRB400和RRB400级钢筋,分别用符号 Φ 、 Φ 、 Φ 和 Φ^R 表示。热处理钢筋是由普通低合金钢40Si2Mn、48Si2Mn、45Si2Cr经淬火和回火处理后制成的,不仅强度高(强度标准值为1470MPa),塑性也较好,统一用符号 Φ^{HT} 表示。钢丝包括光面、螺旋肋和三面刻痕的消除应力的钢丝,其强度标准值可达1570~1770MPa,分别用符号 Φ^P 、 Φ^H 、 Φ^I 表示。钢绞线由光面钢丝绞织而成,强度标准值1570~1860MPa,用符号 Φ^s 表示。热轧钢筋用于钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构中的非预应力钢筋。钢绞线、钢丝、热处理钢筋用于预应力混凝土结构。

钢筋按外形不同分为光面钢筋和变形钢筋,如图1-1所示。变形钢筋包括月牙纹、螺旋纹、人字纹钢筋。工程中常用月牙纹钢筋和光面钢筋。

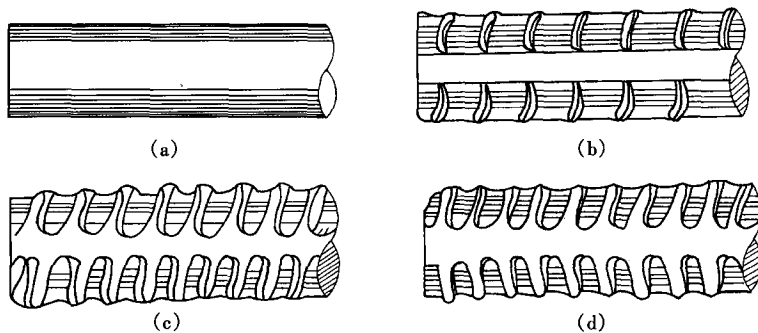


图 1-1 钢筋的形式

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

二、钢筋的强度和变形

钢筋接受拉时的应力—应变关系特点不同分为有明显屈服点钢筋,如热轧钢筋;无明显屈服点钢筋,如钢丝和热处理钢筋。

1. 有明显屈服点的钢筋

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。

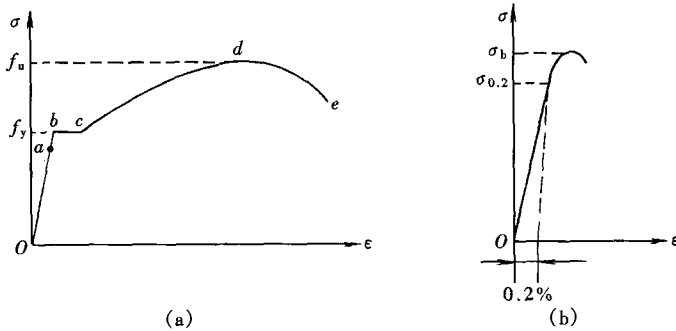


图 1-2 钢筋的应力—应变关系曲线
(a) 有明显屈服点钢筋；(b) 无明显屈服点钢筋

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。

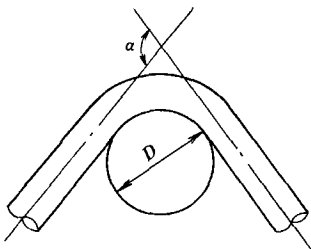


图 1-3 钢筋的冷弯

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 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

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，与混凝土的黏结较好，故成为冷拔钢丝的换代产品。

冷轧扭钢筋是将低碳钢热轧圆盘条经专用钢筋冷轧扭机调直，冷轧、冷扭一次成型，形成具有规定截面形状和节距的连续螺旋状钢筋。冷轧扭钢筋的抗拉强度比轧制前母材的强度有很大的提高，但伸长率也减少较多。

对钢筋进行冷加工，钢筋的强度虽然得到了提高，但塑性降得较低，不利于提高结构的整体性能。考虑到目前我国强度高、性能好的钢筋货源充足，可满足建筑市场的需求，故《规范》未列入各类冷加工钢筋。对冷拉钢筋，由于其强度较低，应用范围有限，钢筋产品标准修订后，母材已不存在，故不再推荐使用。对冷拔钢丝、冷轧带肋钢筋和冷轧扭钢筋，在实际工程中应用时，应符合专门的技术规程。

近年来我国已生产出较多的钢筋新品种。例如环氧树脂涂层钢筋，这种钢筋主要用于海洋工程、有地下水作用的工程，以及易受侵蚀性介质作用的工程，其设计和使用同一般受力

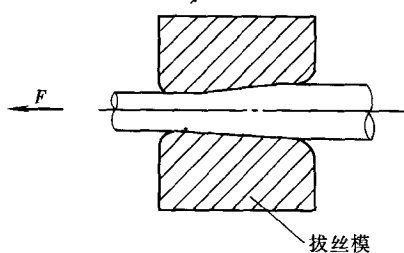


图 1-4 钢筋冷拔

钢筋。但是由于表面状态改变影响黏结锚固性能，锚固长度需增加 25%。

四、结构对钢筋性能的要求

钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求主要有如下几方面：

(1) 强度。一般应选用强度较高的钢筋。因为采用强度较高的钢筋，构件的配筋量减少，不仅节约钢材，有利于提高经济效益。而且可避免因配筋密集而造成设计、施工困难，并且可减少钢筋的运输、加工、现场绑扎等工作量。《规范》给出选择钢筋的优先顺序为：用于钢筋混凝土结构中的普通钢筋宜采用 HRB400 级和 HRB335 级，也可采用 HPB235 级和 RRB400 级钢筋。

(2) 塑性。要求钢筋应具有足够大的塑性变形能力。钢筋的塑性能好，不仅便于施工制作，更重要的是有利于提高结构构件的延性，增强结构的抗震性能。

(3) 与混凝土的黏结。为保证钢筋和混凝土能有效地共同工作，二者之间必须具有足够大的黏结力。为此，对于强度较高的钢筋，一般均在其表面轧制月牙纹横肋、螺旋肋或者刻痕等，以提高黏结强度。

(4) 可焊性。为保证钢筋焊接后的质量，要求钢筋具有良好的可焊性能。目前使用的 HRB400、HRB335 级主导钢筋均具有较好的焊接性能，而 RRB400 级钢筋焊接受热回火后强度可能降低。

此外，在严寒地区还应考虑对钢筋低温性能方面的要求。

第二节 混 凝 土

一、混凝土的强度

混凝土的强度包括立方体抗压强度、轴心抗压强度和抗拉强度。

1. 立方体抗压强度

混凝土立方体抗压强度是混凝土各种强度指标中最主要和最基本的指标。

《规范》根据立方体抗压强度标准值，确定混凝土强度等级。立方体抗压强度标准值是指按照标准方法制作养护边长为 150mm 的立方体试件，在 28d 龄期用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度，以 $f_{cu,k}$ 表示，单位 MPa（也可记作 N/mm^2 ）。这里需要说明如下两点：

1) 《规范》规定的标准养护方法是将试件放置在温度为 $20^\circ C \pm 2^\circ C$ 、相对湿度为 95% 以上的标准养护室中，养护至规定的 28d 龄期。

2) 标准试验方法是指试验加载时，试件的承压面不涂润滑剂，加载速度控制在 $0.3 \sim 0.5 MPa/s$ (C30 以下) 或 $0.5 \sim 0.8 MPa/s$ (C30 以上)。

混凝土强度等级用符号 C 及混凝土立方体抗压强度标准值表示。例如，C20 表示 $f_{cu,k} = 20 MPa$ 。《规范》根据立方体抗压强度标准值，按级差 5MPa，将混凝土从 C15 到 C80 共划分为 14 个强度等级。C50 级以上的混凝土称为高强度混凝土。

在实际工程中，常采用边长为 100mm 的非标准立方体试件。由于试验时压力机垫板与试件上、下承压面之间存在着摩擦力，对试件的横向约束影响较边长为 150mm 的标准立方体试件大，测得的强度较高。因此，须将其抗压强度实测平均值 $f_{cu,m}^{100}$ 乘以换算系数 0.95 转换成标准立方体试件的抗压强度平均值 $f_{cu,m}^{150}$ ；对边长 200mm 的立方体试件，则取换算系数

为 1.05。

2. 轴心抗压强度

采用棱柱体试件，按照测定立方体抗压强度的条件和方法测得的抗压强度，称为棱柱体抗压强度或轴心抗压强度，如图 1-5 所示。棱柱体试件的尺寸通常为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 300\text{mm}$ 或 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 450\text{mm}$ 。在实际工程中，钢筋混凝土受压构件的高度比其截面尺寸大得多，所以，棱柱体抗压强度能较好地反映混凝土的实际受压强度。

由于压力机垫板对棱柱体试件上、下端的约束影响比立方体试件小，所以测得的抗压强度较立方体试件低。棱柱体抗压强度平均值可由立方体抗压强度平均值换算得到。

3. 轴心抗拉强度

混凝土的轴心抗拉强度是确定混凝土构件的抗裂度及变形等方面的重要力学性能指标。

目前，一般有如下两种方法测定混凝土的轴心抗拉强度：

(1) 轴心拉伸试验。如图 1-6 (a) 所示，试验采用 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 500\text{mm}$ 的柱体试件，在两端轴线处处理置 $\Phi 16$ 的变形钢筋。用试验机拉伸两端的钢筋，使试件受拉。当试件中部产生横向裂缝破坏时的平均拉应力即为轴心抗拉强度。

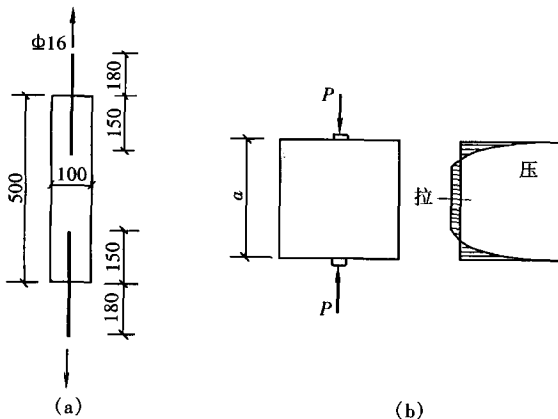


图 1-6 混凝土抗拉试验

(a) 轴心拉伸试验；(b) 劈拉试验

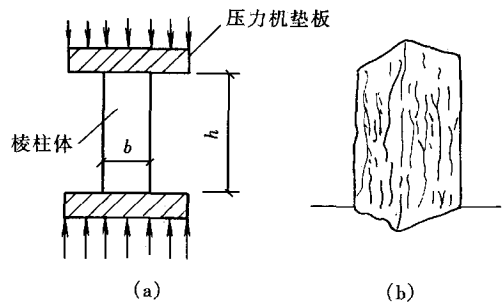


图 1-5 混凝土棱柱体抗压试验

(2) 劈拉试验。一般采用边长为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的立方体试件，通过钢垫条施加线性荷载，如图 1-6 (b) 所示。在试验荷载作用下，试件中部垂直截面上，除垫条附近受压应力外，其余均为基本均匀分布的拉应力。当拉应力达到混凝土的抗拉强度时，试件劈裂破坏。根据破坏荷载计算得到劈拉强度。

《规范》以轴心拉伸试验结果作为确定混凝土轴心抗拉强度的依据。混凝土的轴心抗拉强度比抗压强度小的多。

4. 混凝土强度等级的选择

《规范》对混凝土结构的混凝土强度等级所作的最低限值要求见表 1-2。

表 1-2 混凝土强度等级限值

结构类型	应用条件	要求程度	强度等级
钢筋混凝土结构	一般情况	不应低于	C15
	采用 HRB335 级钢筋	不宜低于	C20
	采用 HRB400 和 RRB400 级钢筋及承受重复荷载的构件	不得低于	C20
预应力混凝土结构	一般情况	不应低于	C30
	采用钢丝、钢绞线、热处理钢筋	不宜低于	C40

注 用于基础垫层的混凝土强度等级可采用 C10。