

钢筋混凝土构件设计

童岳生 梁兴文等 编著

科学技术文献出版社

钢筋混凝土构件设计

童岳生 梁兴文等 编著

科学技术文献出版社

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本书内容包括钢筋混凝土材料的物理力学性能和结构构件以概率理论为基础极限状态设计方法的基本原理,以及受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭构件、预应力混凝土构件等的性能分析、设计计算和构造措施。本书是根据我国现行的新规范《混凝土结构设计规范(GBJ 10-89)》及其局部修订内容而编写的。

书中对钢筋混凝土构件的性能及分析有充分的论述,概念清楚;同时有明确的计算方法及实用步骤,应用方便。还有相当数量的计算例题,有利于基本构件受力性能的理解以及具体设计计算。每章有学习要点、小结、思考题或习题等内容。

本书可作为大、专院校房屋建筑与工程结构方面的教材,也可供有关的设计、施工和科研人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

钢筋混凝土构件设计/童岳生等编著. —北京:科学技术文献出版社, 1995.8
ISBN 7-5023-2487-9

I. 钢… II. 童… III. 钢筋混凝土结构-结构
构件-结构设计 IV. TU375

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 01695 号

科学技术文献出版社出版
(北京复兴路 15 号 邮政编码 100038)
北京昌平百善印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
1995 年 8 月第 1 版 1995 年 8 月第 1 次印刷
787×1092 毫米 16 开本 21.25 印张 540 千字
科技新书目: 356—094 印数: 1—5550 册
定价: 20.00 元

目 录

绪论

第一节 钢筋混凝土结构的基本概念	(1)
第二节 钢筋混凝土结构的特点及应用	(2)
第三节 钢筋混凝土建筑结构及基本构件	(4)
第四节 基本构件计算理论的发展	(6)

第一章 材料的物理力学性能

(7)

第一节 钢筋的物理力学性能	(7)
一、钢筋的成分、级别和品种	(7)
二、钢筋的强度和变形	(8)
三、钢筋的冷加工	(12)
四、对钢筋性能的要求	(13)

第二节 混凝土的物理力学性能

(14)

一、混凝土的强度	(14)
二、混凝土的变形性能	(21)
三、混凝土的碳化	(28)

第三节 钢筋与混凝土的粘结

(30)

一、概述	(30)
二、粘结应力的特点	(30)
三、粘结破坏机理	(31)
四、影响粘结强度的因素	(33)
五、钢筋的锚固设计	(34)

小结

(35)

思考题

(36)

第二章 构件计算基本原理

(37)

第一节 结构设计方法

(37)

一、结构的预定功能及结构可靠度	(37)
二、钢筋混凝土结构设计计算方法	(37)

第二节 荷载和材料强度的取值

(39)

一、荷载标准值的确定	(39)
二、材料强度标准值的确定	(41)

第三节 概率极限状态设计法

(44)

一、结构的极限状态	(44)
二、结构上的作用、作用效应和结构抗力	(44)
三、结构的功能函数和极限状态方程	(45)

四、结构可靠度的计算	(46)
第四节 极限状态设计表达式	(49)
一、承载能力极限状态设计表达式	(50)
二、正常使用极限状态验算要求	(52)
小结	(54)
思考题	(54)
第三章 受弯构件正截面承载力	(55)
第一节 一般说明	(55)
第二节 正截面受弯性能的试验研究	(56)
一、适筋梁的受弯性能	(56)
二、超筋梁的受弯性能	(59)
三、少筋梁的受弯性能	(60)
四、适筋梁的配筋率范围	(60)
第三节 正截面受弯承载力分析研究	(61)
一、基本假定	(61)
二、混凝土弯曲抗压强度 f_{cm} 及截面受压区计算高度 x	(63)
三、受压区计算高度上限 x_b 及最大配筋率 ρ_{max}	(64)
四、受弯构件最小配筋率 ρ_{min}	(66)
第四节 单筋矩形截面受弯承载力计算	(66)
一、基本公式及适用条件	(66)
二、基本公式的应用	(68)
三、计算表格及其应用	(71)
四、梁截面配筋计算	(75)
五、截面尺寸及纵向钢筋的构造要求	(76)
第五节 双筋矩形截面受弯承载力计算	(78)
一、双筋梁的应用	(78)
二、受压钢筋的应力状态	(78)
三、基本公式及适用条件	(80)
四、双筋矩形截面的具体计算	(82)
第六节 T形截面受弯承载力计算	(86)
一、T形截面梁的应用	(86)
二、T形截面翼缘的计算宽度	(88)
三、基本公式及适用条件	(89)
四、T形截面的具体计算	(92)
小结	(96)
思考题	(97)
习题	(98)
第四章 受弯构件斜截面承载力	(100)
第一节 概述	(100)

第二节 无腹筋简支梁斜裂缝的形成	(100)
一、斜裂缝形成前的应力状态	(100)
二、斜裂缝形成后的应力状态	(102)
第三节 简支梁的受剪性能	(103)
一、梁沿斜截面剪切破坏的主要形态	(103)
二、有腹筋简支梁沿斜截面的破坏机理	(104)
三、影响斜截面受剪承载力的主要因素	(105)
第四节 斜截面受剪承载力计算	(107)
一、仅配有箍筋梁的斜截面受剪承载力	(107)
二、配有箍筋和弯起钢筋梁的斜截面受剪承载力	(110)
三、受拉边倾斜的矩形、T形和I形截面受弯构件斜截面受剪承载力	(110)
四、公式的适用范围	(112)
五、连续梁、框架梁和外伸梁的斜截面受剪承载力	(113)
六、斜截面受剪承载力的计算位置	(114)
第五节 梁斜截面受剪承载力的计算步骤	(115)
一、截面选择(设计问题)	(115)
二、截面校核(复核问题)	(116)
第六节 受弯构件斜截面受弯承载力	(120)
一、抵抗弯矩图	(121)
二、纵筋的弯起	(123)
三、纵筋的截断	(124)
第七节 钢筋的构造要求	(127)
一、纵向受力钢筋在支座处的锚固	(127)
二、弯起钢筋和箍筋的构造要求	(129)
小结	(130)
思考题	(131)
习题	(132)
第五章 受弯构件裂缝及变形	(134)
第一节 裂缝及变形控制	(134)
一、裂缝控制	(134)
二、变形控制	(135)
第二节 受弯构件裂缝宽度计算	(136)
一、受弯构件裂缝出现和开展过程	(136)
二、裂缝宽度计算	(137)
三、不需作裂缝宽度验算的钢筋允许拉应力和最大钢筋直径	(143)
第三节 受弯构件变形计算	(146)
一、受弯构件的短期刚度 B_s	(147)
二、受弯构件的长期刚度 B_t	(149)
三、受弯构件的挠度计算	(151)

四、受弯构件不需作挠度验算的最大跨高比 l_0/h_0	(152)
小结	(155)
思考题	(155)
习题	(156)
第六章 受压构件	(157)
第一节 概述	(157)
第二节 轴心受压构件	(157)
一、一般说明	(157)
二、普通钢箍轴心受压构件	(158)
三、螺旋钢箍轴心受压构件	(162)
第三节 偏心受压构件的一般构造	(165)
第四节 偏心受压构件正截面承载力计算	(166)
一、试验研究	(166)
二、两类偏心受压破坏形态的界限及特征	(167)
三、小偏心受压计算的两个特殊问题	(168)
四、偏心受压构件的偏心距增大系数 η	(170)
五、非对称配筋矩形截面偏心受压构件计算	(172)
六、对称配筋矩形截面偏心受压构件计算	(187)
七、非对称配筋 I 形截面偏心受压构件计算	(195)
八、对称配筋 I 形截面偏心受压构件计算	(200)
九、均匀配筋的偏心受压构件计算	(203)
十、周边配筋的偏心受压构件计算	(206)
十一、偏心受压构件平面外验算	(209)
第五节 偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	(209)
一、试验研究	(209)
二、矩形截面偏心受压构件受剪承载力计算	(210)
三、剪力墙受剪承载力计算	(210)
第六节 偏心受压构件裂缝宽度计算	(211)
一、裂缝宽度计算公式	(212)
二、正常使用阶段偏心距增大系数 η_e	(212)
三、裂缝截面受拉纵筋应力 σ_{st}	(212)
第七节 双向偏心受压构件受压承载力计算	(213)
一、按弹性理论应力叠加原理的计算方法	(214)
二、直接设计法	(215)
小结	(219)
思考题	(221)
习题	(221)
第七章 受拉构件	(223)
第一节 概述	(223)

第二节 轴心受拉构件承载力计算	(223)
一、试验研究分析	(223)
二、受拉承载力计算	(224)
第三节 偏心受拉构件承载力计算	(225)
一、矩形截面偏心受拉构件正截面承载力计算	(225)
二、矩形截面偏心受拉构件斜截面承载力计算	(230)
第四节 受拉构件的裂缝宽度计算	(231)
小结	(233)
思考题	(234)
习题	(234)
第八章 受扭构件	(235)
第一节 概述	(235)
第二节 纯扭构件扭曲截面承载力计算	(235)
一、试验研究分析	(235)
二、纯扭构件的开裂扭矩	(237)
三、纯扭构件的受扭承载力	(239)
四、纯扭构件的最小配筋率	(241)
第三节 复合受扭构件承载力计算	(245)
一、剪扭构件承载力计算	(245)
二、弯扭构件承载力计算	(249)
三、压扭构件承载力计算	(250)
四、弯剪扭构件承载力计算	(251)
五、钢筋的构造要求	(252)
小结	(255)
思考题	(255)
习题	(256)
第九章 预应力混凝土构件	(257)
第一节 预应力混凝土的基本知识	(257)
一、一般概念	(257)
二、预应力混凝土的分类	(258)
三、混凝土与预应力钢筋的选用	(259)
四、预应力混凝土构件的各个受力阶段	(259)
五、与钢筋混凝土结构的比较	(260)
第二节 预加应力方法及锚具	(260)
一、先张法	(260)
二、后张法	(261)
三、预应力钢筋的张拉控制应力 σ_{con}	(262)
四、锚具	(263)
第三节 预应力钢筋的预应力损失	(264)

一、由于张拉端锚具变形和钢筋内缩的损失 σ_{l1}	(265)
二、由于预应力钢筋与孔道壁之间摩擦的损失 σ_{l2}	(267)
三、由于预应力钢筋与台座间温差的损失 σ_{l3}	(271)
四、由于预应力钢筋的应力松弛的损失 σ_{l4}	(272)
五、由于混凝土的收缩和徐变的损失 σ_{l5}	(273)
六、由于环形预应力钢筋对混凝土局部挤压的损失 σ_{l6}	(276)
七、预应力损失的分阶段组合	(277)
八、先张法构件混凝土预压时弹性变形的考虑	(278)
九、后张法构件分批张拉预应力钢筋时混凝土弹性变形的考虑	(279)
第四节 预应力混凝土轴心受拉构件	(280)
一、一般说明	(280)
二、先张法构件应力变化过程及应力值计算	(280)
三、后张法构件应力变化过程及应力值计算	(283)
四、轴心受拉构件承载力及抗裂计算	(286)
第五节 预应力混凝土受弯构件	(296)
一、构件截面及配筋形式	(296)
二、应力变化过程及应力值计算	(297)
三、使用阶段承载力计算	(299)
四、使用阶段抗裂验算	(304)
五、使用阶段挠度验算	(307)
六、施工阶段验算	(312)
小结	(315)
思考题	(317)
习题	(318)
附表	(320)
参考文献	(329)

绪 论

第一节 钢筋混凝土结构的基本概念

混凝土是应用很广泛的一种建筑材料。它的抗压强度较高，而抗拉强度却很低。因此，素混凝土的应用受到很大限制。对于在外荷载作用下或其他原因会在截面中产生拉应力的构件，则不应采用混凝土来制作。例如一般的梁，如果是用素混凝土制作，则在一定外荷载作用下，弯矩最大截面受拉边缘的混凝土首先被拉裂，然后由于该截面高度减小致使开裂后截面受拉边缘拉应力进一步增加，于是裂缝迅速开展并立即引起梁的破坏，混凝土的抗压强度得不到充分利用。因此，素混凝土梁的破坏是突然的，而且因为混凝土抗拉强度很低，故在破坏前梁所能负担的荷载也是非常小的。图 0-1(a) 为素混凝土梁及其破坏情况的示意图。

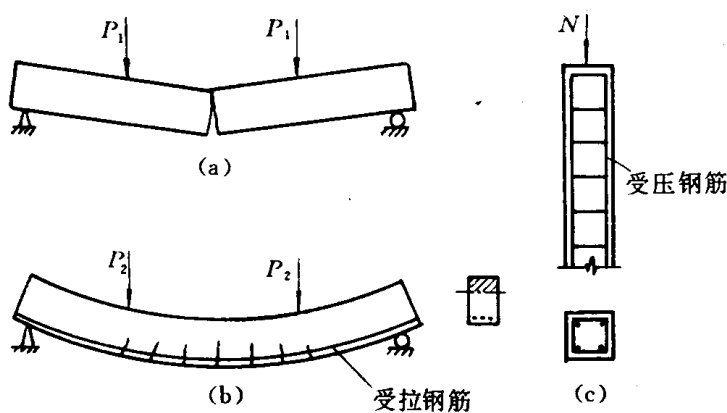


图 0-1 素混凝土梁及钢筋混凝土梁、柱

与混凝土材料相比，钢筋的抗拉强度很高。为了充分利用材料的特点，将混凝土和钢筋这两种材料结合在一起而共同工作，使混凝土主要承受压应力，而钢筋主要承受拉应力，这就成为钢筋混凝土梁。对于钢筋混凝土梁，在截面受拉区配有适量的钢筋，在外荷载作用下，当截面受拉区混凝土开裂后拉力由钢筋承受，截面中和轴以上受压区的压应力仍由混凝土承受。与素混凝土梁

不同，钢筋混凝土梁开裂后仍可继续增加梁上所作用的外荷载，直至受拉钢筋应力达到屈服强度，随后截面受压区混凝土被压坏，这时梁才达到破坏状态。由此可见，在钢筋混凝土梁中钢筋与混凝土两种材料的强度都得到了较为充分的利用，破坏过程比较缓和，且这种梁所能负担的外荷载值大大超过同样条件的素混凝土梁。图 0-1(b) 为钢筋混凝土梁及其破坏情况的示意图。

钢筋的抗压强度也很高，所以在构件中采用钢筋与混凝土共同负担压力，也是比较有效的。例如承受轴心压力的柱，也常采用钢筋混凝土。混凝土柱中配置了纵向受压钢筋后，会改善混凝土的变形性能使其脆性有所降低，也可减小柱截面的尺寸，还可负担由于某种原因而引起的弯矩或拉应力。如果钢筋单独承受压力，则钢筋极易失稳，受压钢筋位于混凝土中，钢筋的受压情况得到改善。由于上述一些原因，即使在轴心受压柱中，亦常配置受压钢筋。图 0-1(c) 为轴心受压钢筋混凝土柱的示意图。

通过上面两个简单例子，说明了将钢筋与混凝土两种材料加以结合成为钢筋混凝土结构的合理性。这样的结合能否实现，尚有赖于一定的条件。钢筋与混凝土两种材料之所以能有效

地结合在一起而共同工作，主要是因为具有下述三个条件。

1. 钢筋与混凝土之间存在着粘结力，使两者能结合在一起。这样在外荷载作用下，结构中的钢筋与混凝土协调变形，共同工作。否则，两种材料虽合在一起亦发挥不了受力作用，例如梁截面中受拉钢筋拉力与受压混凝土压力将不能联结一起组成力偶以承受梁中的弯矩，因钢筋受拉后会在混凝土内滑移而失效。所以两种材料之间具有粘结力，是两者能够共同工作的先决条件。

2. 钢筋和混凝土两种材料的温度线膨胀系数很接近，钢材为 1.2×10^{-5} ，混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ 。这样当温度变化时，两者间不会产生较大的相对变形，两者间的粘结力不致遭到破坏。否则，由于相对变形过大而发生滑移，使两者不能结合在一起，或者因变形不协调而引起材料破坏或混凝土开裂而出现过宽裂缝。因此，钢筋与混凝土两种材料温度线膨胀系数基本相同，是保证两者共同工作的必要条件。

3. 钢筋位于混凝土中，混凝土对钢筋起到了保护和固定作用，混凝土使钢筋不容易发生锈蚀，使钢筋受压时不易失稳。钢筋混凝土结构在遭受火灾时，不致因钢筋很快软化而导致整体破坏。所以，在钢筋混凝土结构中，钢筋表面必须留有一定厚度的混凝土作为保护层，这是保持两者共同工作的必要措施。

钢筋与混凝土两种材料，结合成为钢筋混凝土结构的合理性与可能性，已为大量试验及广泛实践所证实。在这样坚实而可靠的基础上，钢筋混凝土结构得以实现并获得了很大的发展。

第二节 钢筋混凝土结构的特点及应用

钢筋混凝土结构具有不少优点，简要说明如下。

耐久性 混凝土材料耐久性较好。在钢筋混凝土结构中，钢筋得到了保护而不易锈蚀，所以钢筋混凝土结构具有良好的耐久性。处于侵蚀性气体或受海水浸泡或与含腐蚀性介质液体接触的钢筋混凝土结构，经过合理设计及采取有效措施，一般也可满足工程需要。

耐火性 混凝土材料具有一定的耐火性能。在钢筋混凝土结构中，当混凝土保护层具有一定厚度时，如果发生火灾钢筋不会很快达到软化的高温，可避免结构倒塌破坏。

整体性 现浇钢筋混凝土结构和装配整体式钢筋混凝土结构，具有良好的整体性，从而结构的刚度及稳定性能都比较好。钢筋混凝土结构有利于抗震、抗冲击以及抵抗变形等。

可模性 钢筋混凝土可以根据需要浇制成各种形状和尺寸的结构，这样就具有颇为灵活的适应性，且能比较容易地做到结构合理及节约材料。例如钢筋混凝土可做成平板、多孔板和槽形板，不同截面形式的梁和柱，不同布置方案的现浇楼盖，以及屋面梁和桁架等。

就地取材 钢筋混凝土结构混凝土占相当数量，混凝土所用的原材料砂和石，一般均较易于就地取材。在工业废料（例如矿渣、粉煤灰等）比较多的地方，可利用工业废料制成人造骨料用于钢筋混凝土结构中。

节约钢材 钢筋混凝土结构合理地利用了材料的性能，发挥钢筋与混凝土各自的特点，与钢结构相比能节约钢材并降低造价。各类房屋中的楼盖和屋盖，绝大部分都是采用钢筋混凝土结构，对其他结构一般可以用钢筋混凝土代替钢结构，对高层建筑及大跨结构在相当的范围内亦可如此，因此节约钢材是很可观的。

但是，钢筋混凝土结构也存在如下的一些缺点。

自重大 钢筋混凝土结构本身的自重大，这样它所能负担的有效荷载相对来说就要小，另外对支承部分例如墙体和基础等引起颇大的压力。自重大对大跨结构、高层建筑以及结构抗震都是不利的。

抗裂性差 在正常使用情况下，一般的钢筋混凝土结构中是存在裂缝的。结构出现裂缝后，刚度会降低从而变形加大。如果裂缝过多过宽，则会影响钢筋混凝土结构的耐久性和应用范围。对于要求防止渗漏的容器结构，裂缝存在是很不利的。

需用模板 钢筋混凝土结构的制作，需要模板予以成型。如果采用木模板，则可重复使用的次数少，耗费木材颇多。安装模板、浇捣混凝土等，使施工比较复杂。

此外，钢筋混凝土结构施工工序多，周期较长，且受到季节气候条件的限制。对已建成的结构，如遇损伤则修补困难，亦不易改造以适应新的需要。隔热、隔音性能也都比较差。

上述这些缺点，使钢筋混凝土结构的应用范围受到了一定的限制。但是随着科学技术的不断发展，一些问题已逐步得到解决或有所改进。采用轻质、高强混凝土可以减轻结构自重，轻质混凝土的隔热和隔音性能都较好。在结构未受外荷载以前，对结构施加预应力成为预应力混凝土结构，在这种结构中可以使用高强度的钢筋和混凝土，从而可减轻自重及进一步节约钢材；预应力混凝土结构具有较好的抗裂性能，还可提高结构刚度而减小变形。因此预应力混凝土结构特别适用于大跨结构以及有抗渗漏要求的结构等。现在在钢筋混凝土结构的施工中越来越多地采用钢模板。钢模板属于工具式模板，可重复使用，这样就大大地节约了木材。采用预制装配式结构，可以改善钢筋混凝土结构的制作条件，少受或不受气候条件的影响，并能提高工程质量及加快施工进度等。

因钢筋混凝土结构具有不少优点，它的一些缺点可采取一定措施予以克服或改善，因此钢筋混凝土结构得到了广泛的应用。在房屋建筑、地下结构、桥梁、隧道、水工、海港、公路、铁路、核电站等工程的土木建筑中，钢筋混凝土结构的应用占有十分重要的地位。

下面介绍一下工业与民用建筑中钢筋混凝土结构的主要发展情况及应用实例。

混凝土强度随生产的发展而不断提高，目前 C50 ~ C80 级混凝土甚至更高强度混凝土的应用已不仅仅局限于个别工程。各种特殊用途的混凝土不断研制成功而获得应用，例如超耐久性混凝土耐久性可达 500 年，耐热混凝土可耐高温达 1800℃。我国已能生产 400 级和 300 级超轻陶粒，传热系数小、重量轻。钢纤维增强混凝土和聚合物混凝土等，国内外在某些场合下都获得一定的应用。在模板方面，除木模板外，国内外正大量推广使用钢模板，硬塑料模板国内亦已采用。现浇钢筋混凝土结构，常采用大模板或滑模施工，以加快施工进度。国外泵送混凝土高度已达 310 m，我国亦达 200 m。

多层房屋中的住宅和公用建筑，广泛采用钢筋混凝土楼盖和屋盖。6 m 或 6 m 以上大开间住宅试点取得一定成效，它可根据用户需要分割房间，将成为我国住宅建设的一个发展方向。国内也已采用扁梁结构，用以降低层高，可节约采暖空调能耗，虽梁内配筋增多，但总的造价和使用费用将降低。由于可重复使用硬塑料模板的采用，现浇井式楼盖采用亦较多，室内天棚造型比较美观。我国主要从 80 年代开始发展多层工业建筑，现在多层（包括少量高层）工业建筑的比例有继续增长趋势，层数也不断增加。如 1982 年建成的香港永善工业大楼，层数达 26 层，其造价较单层厂房增加 25%，但公共设施费仅为单层厂房的 1/7。

在高层建筑方面，国际上已建成的最高的钢筋混凝土建筑为朝鲜人民共和国平壤市

的柳京饭店。它建造于1990年，地上105层，地下4层，高305m。1990年我国广州建成的广东国际大厦，63层，高200.18m，是目前国内最高的钢筋混凝土建筑，为筒中筒结构，外筒为 $35.1\text{ m} \times 37\text{ m}$ 的矩形平面，由24根中柱和4根异形角柱组成，内筒为 $17\text{ m} \times 23\text{ m}$ 矩形平面，由电梯井和楼梯间组成。除第1层至第5层楼盖及全部核心筒内楼盖为普通的钢筋混凝土肋形楼盖外，其余楼盖均采用无粘结部分预应力混凝土平板。我国高层建筑的发展，层数及高度不断增多，平面布置和立面体型日益多样化，在结构体系方面除一般通常采用的框架、剪力墙、框剪、框支剪力墙以及筒体等结构外，还采用巨型框架、竖立巨型桁架结构等。

大跨度钢筋混凝土屋盖结构一般为桁架、拱、网架、网壳、薄壳或它们的组合，近年来有将斜拉桥结构移植到屋盖建筑中构成大跨结构。贝尔格莱德机库采用跨度为135.8m的预应力桁架，1986年建成。江西抚州体育馆屋盖的平面尺寸为 $45\text{ m} \times 58.8\text{ m}$ ，采用装配式组合网架，利用钢筋混凝土屋面板的肋作为结构的受压上弦杆，与钢的下弦和斜腹杆组成，较全钢屋盖节约钢材20%。目前，圆顶直径最大的为美国金郡体育馆屋盖，直径202m。我国建成的马鞍形薄壳屋盖，平面为 $66\text{ m} \times 96\text{ m}$ 。

电视塔、烟囱和输电塔都属高耸结构。世界最高的电视塔为加拿大多伦多预应力混凝土塔，截面呈Y形而带中心圆筒，高549m。我国天津电视塔为筒中筒结构，高415.2m；北京中央电视塔为环形截面，其中电梯井为矩形空心截面，高405m，两者都施加竖向预应力，它们的高度分别居世界第3位、第4位。我国双筒烟囱高度达240m，筒中筒烟囱外筒为钢筋混凝土，内筒只起耐热、防腐、排烟等作用。1991年建成的山西神头二电厂单筒烟囱，高度达270m。我国高耸结构建设已居世界先进行列。

钢筋混凝土及预应力混凝土广泛应用于水池、水塔、液化天然气罐、筒仓等容器结构。预应力混凝土管常用于管道工程中。核保护罩也可用预应力混凝土建造，如我国秦山核电厂安全壳筒身为圆筒形，外径38m，壁厚1m，筒身和穹顶均施加预应力。国外还用预应力混凝土建造放射性废料容器。

在各类建筑中广泛采用着钢筋混凝土基础。根据上部结构形式的不同、基础所受荷载的大小、地基土质情况等，有单独基础、带形基础、十字交叉格床基础、筏式基础、箱形基础等，必要时还采用桩基。桩基也主要采用钢筋混凝土制成，有预制桩及灌注桩等。预制桩用打桩机打入地下，会发生噪音和振动，特别在城市中很不适合，这种施工方法在许多国家的城市中正逐渐被淘汰，代之而起的是预钻孔插入桩和静力压桩，但其承载力有限，且挤土效应等问题尚有待研究解决。这样，就地施工的灌注桩逐渐获得应用，灌注桩有钻孔灌注桩和挖孔灌注桩，在高层、超高层建筑和重型构筑物，大直径挖孔灌注桩得到了足够重视及迅速发展。

第三节 钢筋混凝土建筑结构及基本构件

在房屋建筑中，钢筋混凝土结构按所在部位及其功用，可大致分为三方面结构：楼盖和屋盖结构、支承结构、基础结构。楼盖和屋盖，是水平承重结构，主要是承受直接作用在楼盖及屋盖上的荷载及本身自重。现浇钢筋混凝土楼盖及屋盖是由梁、板组成，梁上为板，而板是厚度较薄的平板；装配式的楼板及屋面板，通常采用铺板，铺板的形式有空心板、槽形

板等。单层厂房的屋盖结构是由屋面梁或桁架以及屋面板组成。支承结构是竖向承重结构，通常简称为承重结构，承受以上各层的全部重力荷载。砖混结构中的承重结构一般为砖墙称为承重墙，但对于工业厂房及层数较多的民用房屋特别是高层建筑，承重结构通常全部采用钢筋混凝土。承重结构的形式为柱和墙，钢筋混凝土柱和楼盖及屋盖结构的梁联结在一起而形成框架，称为框架结构；在高层建筑中有时全部采用钢筋混凝土承重墙壁，称为剪力墙结构；框架及剪力墙两者均有，称为框剪结构。框架、剪力墙、框剪等结构，既承受重力荷载，同时又需负担水平荷载的作用，亦即风荷载及水平地震力，所以这类结构同时又称为抗侧力结构。对于地震区房屋或高层建筑，水平作用力往往是比较大的，必须予以考虑。房屋所承受的全部重力荷载（竖向荷载、自重）以及水平作用力（侧力），通过柱子和墙壁作用到基础上，最后由基础传至地基，从而使基础受到地基反力的作用。基础结构形式较多，但主要仍是属于梁、板或两者组合的结构类型。

对于其他工程结构，大致和房屋建筑中钢筋混凝土结构相仿，主要的仍是梁、板、柱、墙以及基础等，但受力情况不一定完全相同。

钢筋混凝土结构有各种不同的类型及形式，但主要是由一些基本构件所组成，上面是按功用及形状等予以区别。在计算上，通常是按主要受力特点来区分基本构件，钢筋混凝土基本构件主要可分为下述几类。

(1) 受弯构件，例如梁、板等。这类构件的截面受有弯矩作用，故称为受弯构件。但与此同时，构件截面上一般也有剪力存在。对于板，剪力作用通常对设计计算不起控制作用。而在梁中，则除弯矩外尚需考虑剪力的作用。

(2) 受压构件，例如柱子、承重墙（剪力墙）、屋架的压杆等。这类构件都受有压力的作用。当压力沿构件纵轴作用在构件截面上时，则为轴心受压构件。如果截面上压力不是沿纵向轴线作用或同时有压力及弯矩作用时，则为偏心受压构件。柱和墙一般都为偏心受压且还有剪力作用，特别是当考虑水平力作用时更是如此。所以，受压构件中通常有弯矩、剪力同时作用，当剪力较大时在计算中应考虑其影响。

(3) 受拉构件，例如桁架的拉杆，通常按轴心受拉构件考虑。又如层数较多的框架结构，在水平地震力与竖向荷载作用下，柱子中可能会出现拉力，但也产生弯矩，故为偏心受拉构件，而且与此同时往往也有剪力作用。

(4) 受扭构件，例如框架结构的边梁、门洞上的雨篷梁等。在这类梁的一侧受有竖向荷载而另侧则无，因此在梁的截面中会引起扭矩。实际结构中纯受扭构件是很少的，通常在受扭构件中，尚有弯矩、剪力等作用同时存在。

在钢筋混凝土结构的设计计算中，在满足使用要求及考虑经济、施工等条件的情况下，首先要选定结构方案，进行结构布置以及确定构件类型等。其次根据所作用的荷载及其他作用，对结构进行内力分析，求出构件截面中所引起的弯矩、剪力、轴力等。在此基础上，对组成结构的构件分别进行构件计算。构件按所受内力的不同，分属于不同的基本构件。每种基本构件各有其受力特点，所以构件计算的方法、所需的钢筋数量及配置方式等都各有特点。本书主要讲述的内容是，钢筋混凝土基本构件的受力性能、承载力和变形计算以及配筋构造等，亦即基本构件的分析计算以及构造处理等问题。

第四节 基本构件计算理论的发展

关于钢筋混凝土基本构件的计算理论,在早期是采用以弹性理论为基础的容许应力方法。实践证明,这种计算方法与实际情况往往有较大的出入,因当时对钢筋混凝土基本构件的受力性能尚认识不够,因而所取用的计算方法不尽合理。随着对钢筋混凝土基本构件极限强度试验研究的进展,本世纪40年代出现了按破坏阶段的计算方法。后来又随着对荷载和材料变异性的不断研究,进而在本世纪50年代提出了按极限状态的计算方法。这种方法经过30多年的继续研究与实践,其理论不断发展与完善,已为多数国家的设计规范所采用。

40多年来,我国的钢筋混凝土结构设计规范经历了三个不同的发展阶段。这种设计规范的主要内容,就是钢筋混凝土基本构件的计算分析和构造要求。我国设计规范发展的第一阶段(1949~1965年),直接采用国外的规范即当时苏联的规范,其中前期所采用的规范是按破坏阶段的计算方法,后期所采用的规范是按极限状态的计算方法。第二阶段(1966~1988年),采用我国自己编制的规范,1966年我国颁布了《钢筋混凝土结构设计规范》BJG 21-66,这是我国自己编制的第一本钢筋混凝土结构的设计规范。这对尽可能根据我国具体情况自己编制设计规范并在国内正式颁布实行,是很有意义的,从此迈出了重要的一步。在此基础上,根据科学技术的发展及实践经验的累积,对原规范进行了修改,于1974年颁布了当时新修订的《钢筋混凝土结构设计规范》TJ 10-74。BJG 21-66和TJ 10-74两本设计规范,都是按极限状态的计算方法,前者以多系数表达,后者以单一安全系数表达,原则相仿,仅具体表达方式有一定不同,两者合属于第二阶段。第三阶段自1989年开始,颁布了《混凝土结构设计规范》GBJ 10-89,这是我国规范提高完善、形成体系的阶段。早自1975年起,在我国进行了更为扎实、系统的科研工作,为新规范的编制提供了必要的科学依据。同时结合我国的实践经验,并参考国外的有关成果,于1984年颁布了《建筑结构设计统一标准》GBJ 68-84,这对建立我国建筑结构设计的统一理论及基本方法,发挥了积极作用,在我国规范的发展中具有重要意义。自此以后,在我国陆续编制了几本有关建筑结构设计方面的规范,并在国内颁布实行,新的《混凝土结构设计规范》GBJ 10-89即是其中之一。新规范GBJ 10-89包括钢筋混凝土构件及预应力混凝土构件的设计,同时亦有素混凝土构件计算的内容。新规范是采用以概率理论为基础的极限状态计算方法,以可靠指标度量结构构件的可靠度,采用以分项系数设计公式的表达形式。按这种方法的计算结果,使构件具有比较明确的可靠度指标,且计算实用简便。从而将我国建筑结构的构件计算方法提高到当今的国际先进水平,对提高构件设计的合理性及实用性具有深刻意义。

第一章 材料的物理力学性能

学习要点 1. 本章叙述了钢筋和混凝土的强度、变形以及两者共同工作的性能，这些都是根据试验研究所观察到的现象和测定到的数据。学习时要深刻理解其本质，以便弄清两种材料的物理力学性能，为学习后继各章打下必要的基础。

2. 本章应重点掌握的内容：软钢和硬钢的强度和变形特性、冷加工钢筋的强度和变形特性；混凝土的强度、变形性能；钢筋和混凝土之间的粘结性能等。

第一节 钢筋的物理力学性能

一、钢筋的成分、级别和品种

钢筋的力学性能主要取决于它的化学成分，其中铁元素是主要成分，此外还含有少量的碳、锰、磷、硫等元素。钢筋中碳的含量增加，强度就随之提高，但塑性和可焊性降低。根据钢材中含碳量的多少，通常可分为低碳钢（含碳量少于 0.25%）和高碳钢（含碳量在 0.6% ~ 1.4% 内）。锰、硅元素可提高钢材的强度，并保持一定的塑性。磷、硫是有害元素，其含量超过一定限度时，钢筋易于脆断，塑性明显降低，而且焊接质量也不易保证。

在钢材中加入少量合金元素（如锰、硅、钒、钛等）即可制成低合金钢。低合金钢能明显地改善钢筋的力学性能。根据所加元素的不同，可分为锰系（如 20MnSi, 25MnSi）、硅钛系（如 45Si₂MnTi）、硅钒系（如 40Si₂MnV, 45SiMnV）等。钢系名称中前面的数字代表平均含碳量（以万分之一计），部分合金元素的下标数字表示该元素含量的百分数。

根据冶金工业部现行的有关技术标准，我国用于混凝土结构的钢筋有热轧钢筋、冷拉钢筋、热处理钢筋和钢丝四种。

热轧钢筋是经过冶炼热轧制成的，其强度由低到高分为四级（见表 1-1），每一级又包括一种或几种化学成分不同的钢号，其中 I 级钢筋（3 号钢）为低碳钢，II、III、IV 级均为低合金钢。I 级钢筋的外形为光面圆形，称为光圆钢筋；其余三级均在表面轧有肋纹，称为变形钢筋。过去通用的肋纹主要是螺纹和人字纹，为了改进生产工艺并改善使用性能，

表 1-1 热轧钢筋的品种及主要机械性能

品 种		牌 号	工程 符号	屈服强度 (N/mm ²) ≥	抗拉强度 (N/mm ²) ≥	延伸率 %		冷弯 试 验	
外 形	强度等级					δ ₅	δ ₁₀	弯曲角	弯心直径
光圆钢筋	I	A ₃ , AY ₃	Φ	235	370	25	21	180°	1d
变形钢筋	II	20MnSi 20MnNb _(b)	Φ	335 315	510 490	16	—	180°	3d
	III	25MnSi	Φ	370	570	14	—	90°	3d
	IV	40Si ₂ MnV 45SiMnV 45Si ₂ MnTi	Φ	540	835	10	8	90°	5d

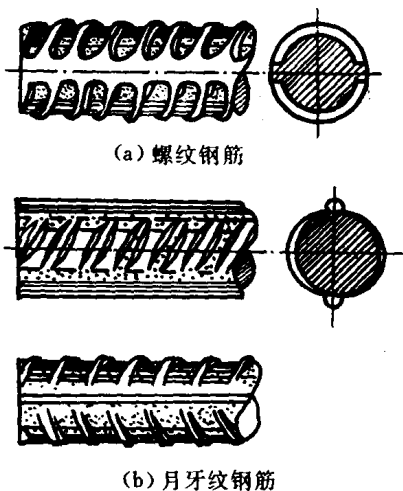


图 1-1 变形钢筋

我国生产的Ⅱ级钢筋的肋纹形式已逐步向月牙纹过渡，如图 1-1 所示。月牙纹改善了螺纹和人字纹横肋高度不变且与纵肋相连的作法，使横肋高度向两端逐渐降低至零。这种作法避免了纵横肋相交处的应力集中，从而改善了钢筋的抗疲劳强度和冷弯性能，并在轧制过程中不易卡辊；与螺纹和人字纹相比，月牙纹钢筋与混凝土的粘结强度略有降低。

冷拉钢筋是通过Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级的热轧钢筋冷加工而成；其目的是为了提高钢筋的屈服强度。

热处理钢筋是由强度相当于Ⅳ级钢筋的一些特定钢号的热轧钢筋，经过淬火和回火处理而制成。钢筋经淬火后，强度大幅度提高，但塑性和韧性降低，再经过回火又可以在不降低强度的前提下，消除由淬火产生的内

应力，改善塑性和韧性。但热处理钢筋对应力腐蚀较敏感，高应力下容易发生脆断。

钢丝分为碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线和冷拔低碳钢丝。碳素钢丝也称高强钢丝，是用高碳光圆盘条钢筋经冷拔和矫直回火制成，它的强度高，因经矫直回火，塑性性能也相对较好。如将碳素钢丝的表面经过机械刻痕，即成刻痕钢丝，如图 1-2 所示。钢绞线是将 7 根光圆钢丝拧成一股而形成（图 1-3），它与混凝土之间的粘结强度比光圆钢丝为高。冷拔低

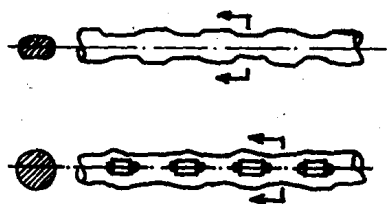


图 1-2 刻痕钢丝



图 1-3 钢绞线

碳钢丝一般是在现场将小直径的低碳光圆钢筋用拔丝机经数次冷拔而得到。我国《混凝土结构设计规范》GBJ10-89(以下简称《规范》)将冷拔低碳钢丝分为甲、乙两级，甲级要求对钢丝强度逐盘进行检验，乙级仅要求分批检验。

《规范》规定：Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级热轧钢筋和乙级冷拔低碳钢丝宜用作非预应力钢筋；碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线和热处理钢筋，以及冷拉Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级钢筋宜用作预应力钢筋。对中、小型构件中的预应力钢筋，可采用甲级冷拔低碳钢丝。

二、钢筋的强度和变形

(一) 钢筋的应力应变曲线

根据钢筋在单调受拉时应力应变曲线特点的不同，可将钢筋分为有明显流幅和无明显流幅两类。

1. 有明显流幅的钢筋

一般热轧钢筋和冷拉钢筋属于有明显流幅的钢筋，这类钢筋工程上习惯称为软钢，其拉伸试验的典型应力应变曲线如图 1-4(a) 所示。图中所示各点应力应变性能的特点是： a 点