

建筑工人应知丛书

钢筋混凝土工

(五 级 工)

中国建筑工业出版社

建筑工人应知丛书

钢筋混凝土工

(五级工)

傅钟鹏 编

中国建筑工业出版社

本书是根据国家建筑工程总局颁发的《土木建筑工人技术等级标准》(试行)中钢筋混凝土工五级工的“应知”内容编写的,主要内容有:钢筋混凝土结构的一般理论知识,钢筋的代换知识,泵送混凝土的施工方法,耐酸、耐碱、耐热等特种混凝土的操作方法,本工种常用机械发生故障的原因及处理方法,以及有关本工种与其他工种之间的工作步骤与联系。本书可供钢筋混凝土工人考工复习参考。

建筑工人应知丛书

钢筋混凝土工

(五级工)

傅钟鹏 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 3 7/8 字数: 86千字

1984年8月第一版 1984年8月第一次印刷

印数: 1—69,600册 定价: 0.33元

统一书号: 15040·4644

出 版 说 明

本丛书是根据原国家建筑工程总局颁发的《土木建筑工人技术等级标准》(试行), 针对各级建筑工人的应知项目和具体要求编写的, 适合具有初中以上文化程度, 并具备该工种相应级别的基础知识和操作技能的建筑工人阅读。

本丛书的编写程式是按照《土木建筑工人技术等级标准》内所列的应知项目顺序作答, 并尽量保持内容的系统性和完整性。但出版本丛书的目的并非为应知项目提供标准答案, 而是帮助各工种的建筑工人考工复习参考使用。

中国建筑工业出版社

目 录

一、钢筋混凝土结构的一般理论知识	1
(一) 钢筋混凝土结构的工作特点	1
(二) 怎样保证结构使用安全	4
(三) 受弯构件的强度计算	9
(四) 受压和受拉构件的强度计算	26
(五) 变形验算和裂缝宽度验算	35
(六) 构造规定	42
二、钢筋的代换知识	49
(一) 纵向受力钢筋的等强代换	49
(二) 构件计算问题	56
(三) 应注意事项	60
三、泵送混凝土的施工方法	63
四、耐酸、耐碱、耐热等特种混凝土的操作	
方法	70
(一) 耐酸混凝土	70
(二) 耐碱混凝土	76
(三) 耐热混凝土	79
(四) 防水混凝土	85
五、本工种常用机械发生故障的原因及处理	
方法	92
(一) 钢筋工常用机械	92
(二) 混凝土工常用机械	100

六、有关本工种与其他工种之间的工作步骤

与联系	110
(一)钢筋混凝土工与其他工种之间的工作步骤	110
(二)钢筋混凝土工与其他工种之间的工作联系	113
主要参考书目	118

一、钢筋混凝土结构的 一般理论知识

(一) 钢筋混凝土结构的工作特点

钢筋混凝土结构与钢、木等其它建筑结构不同之处，就是它包含两种不同材料。钢筋和混凝土的性质截然不同。因此，首先要考虑它们是不是具备共同工作的基础，然后，认定它们能够共同工作，再按共同工作的这一特点来进行设计。

由于钢筋和混凝土具备下面三个条件，因此它们是可以共同工作的，而且能够工作得很好：

(1) 两种材料之间存在“粘着力”，当混凝土硬化时，依靠粘着力将钢筋紧紧地粘住，这样，在外力作用下，它们能够一起产生变形而不至分离。如果钢筋表面做成凹凸不平（如采用螺纹钢筋），那么，还可以依靠机械咬合来增强与混凝土的结合能力（粘着和机械咬合的能力统称“握裹力”）。

(2) 在热胀冷缩性能方面，两种材料几乎相近。当温度提高（或降低） 1°C 时，每米长的混凝土约伸长（或缩短） 0.0000148 米至 0.00001 米，而钢筋约伸长（或缩短） 0.000012 米。因此，在温度变化时，两者的变形大致相等，不会发生较大的内部应力。

(3) 混凝土将钢筋紧紧地握裹住，可以阻止有害气体

或水分腐蚀钢筋。因此，混凝土能够保护钢筋，使它避免生锈；此外，由于混凝土是不良导热体，还可以保护钢筋在高温条件下不会发生剧烈的温度变化。

我们认识到钢筋与混凝土具备共同工作的条件后，在进行钢筋混凝土结构设计时，就可以利用两种材料各自的特点来发挥它们的优势作用。对混凝土来说，因为它的抗压性能强，将它放在构件的受压区，以承受压应力；由于它的抗拉性能弱，受拉区一般不考虑它的强度作用。对钢筋来说，它的抗拉、抗压强度大致相同，将它配置到受拉区承受拉应力较合适；在受压区，有时也配置钢筋，用它承受压应力，以补助混凝土的不足。

钢筋与混凝土在构件中受力的分工是不同的，典型形式是梁式构件的受力特征。如图 1 所示，当荷载加于梁上时，中和轴以下受拉，愈靠近下边缘，拉应力愈大，于是，我们将钢筋放置在截面下部。这样，在弯曲受力的梁式构件中，上部受压，压应力由混凝土承担；下部受拉，拉应力由钢筋承担。



图 1

在设计钢筋混凝土结构时，除了注意两种材料共同工作的性能，充分发挥它们各自特点的作用外，还要考虑整个结构的工作特点。因为混凝土不是一种强弹性体，真正近乎弹性工作的只是在裂缝出现前的很短阶段，所以设计计算过程就趋于复杂化。因此，要根据结构在各个受力阶段的特殊情况分别考虑，不能按照建筑力学中通常采用的“弹性”计算

方法。

钢筋混凝土结构也象其它一切建筑结构一样，它的计算理论依据是从实践中逐步整理总结出来的。如受弯构件的工作情况，经多次试验得知，构件在受荷至破坏阶段经历着四个阶段，在这四个阶段中，截面的应力分布情况不断变化。因此，就要根据具体情况确定设计计算的原则。

如图 2 所示，在阶段 I，构件所受的荷载小，工作性质接近弹性体，应力成直线分布，这时可以按建筑力学的理论计算；到阶段 II，荷载稍大，混凝土产生塑性变形，在受拉区，出现裂缝，所受应力达到抗拉极限强度，塑性变形尤为显著；至阶段 III，由于混凝土裂缝继续扩展，只在接近中和轴处可以承担小量拉应力，故认为混凝土已不能参加工作，而这时，受压区的应力图形则类似三角形。继续增大荷载，受拉区混凝土的裂缝逐渐向上方延伸，受压区高度缩小，这时钢筋的应力达到屈服点或混凝土应力达到弯曲抗压极限强度，于是截面破坏，到达阶段 IV，而受压区混凝土的应力图形接近矩形。

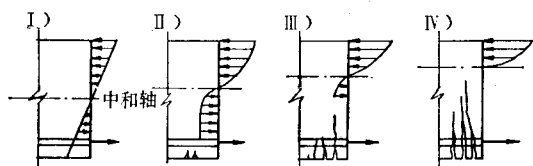


图 2

梁的破坏情况随配筋率的不同而异。配筋率适当，则在破坏时，钢筋应力达屈服点，混凝土应力达弯曲抗压极限强度；配筋率过大，则钢筋应力未达屈服点时，受压区混凝土就被压碎；配筋率过小，则钢筋应力达屈服点后，受拉区混

凝土裂缝不断扩展，促使受压区混凝土被挤压急剧破坏，或则裂缝到达计算的中和轴位置，受压区混凝土虽未破坏，但梁已产生过度变形而不能正常工作。

因此，从钢筋混凝土的工作特点来看，通过理论计算，要尽量做到配筋量的多少符合梁的受力性能要求。而且，不单单是梁，其它受力型式的构件对配筋率也有一定范围的要求。

(二) 怎样保证结构使用安全

对于钢筋混凝土结构来说，通常要考虑三种极限状态的安全保证：

1. 强度

达到强度极限状态时，就是一般所说，构件破坏了，它失去承受外界荷载的能力。对梁来说，就是到达图2的阶段IV，对柱来说，有时是由于构件“失稳”（过于细、长的柱被压弯而破坏）而丧失承载能力。

2. 变形

一切结构都需对变形程度提出一定要求，设计时要考虑到结构在使用阶段的变形值不超过规定值。例如梁的挠度不允许过大，才能使用户产生安全感；板的挠度不允许过大，以保证天棚抹灰质量等。

3. 裂缝的形成或开展

对于使用条件下不允许出现裂缝的构件（如水池、位于有侵蚀性气体环境的构件等），必须保证在使用阶段不让达到“开裂”极限，或具有一定的安全度；对于使用条件下允许出现裂缝的一般构件，也要限制裂缝开展的宽度，使不超

过规定的数值。

对钢筋混凝土结构的设计，通常要考虑构件的工作条件、荷载变化情况以及材料变异等因素，用这些因素作为确定安全度的基本内容，以保证构件得到安全使用、经济合理的有效指标。因此，构件的设计计算内容应根据使用条件（或制作、运输、吊装过程）确定，包括强度计算、变形验算、抗裂度或裂缝宽度验算。

无论什么样的结构，使用安全是设计原则的前提，在进行设计计算时，主要由两方面来保证，一是采用“安全系数”，二是材料设计强度的取值。

安全系数用 K 表示，它是一个大于1的数，用 K 乘上构件受外荷所产生的内力，再计算构件的承载能力，就有了安全储备。譬如说，根据构件的截面大小和混凝土标号及配筋情况，能够承受弯矩 M_p 才导致破坏，而标准荷载作用下，构件只产生弯矩 M ，那么，引入安全系数 K ，就得使

$$KM \leq M_p$$

换句话说，正常情况下，构件受弯矩 M 的作用，而计算时要用 KM 值，以保证有一定的安全度。

作强度计算时，考虑到荷载的变化、构件的工作条件、施工质量等因素，安全系数 K 应根据经验数据用统计方法确定，由基本安全系数和附加安全系数的乘积组成。

基本安全系数包括两部分：

1. 荷载安全系数

设计所用的荷载为“标准荷载”，但实际使用条件下可能会有变动，例如构件本身重量或所加荷载超重，或者风荷载由于短时间内风压增大等，都会影响构件使用的安全，所以要引入荷载安全系数。

2. 承载能力安全系数

这系数是综合考虑影响结构承载能力的因素，如施工质量不良而使构件产生某种缺陷、设计所采用的图形与实际的不一樣、构件的受力特征与预定的有区别等。

综合以上两种安全系数，就成为基本安全系数，具体采用的数值如表 1 所示。

基 本 安 全 系 数 表 1

受 力 特 征	基本安全系数
轴心受拉、受弯、偏心受拉构件	1.40
轴心受压、偏心受压构件	1.55
斜截面受剪、受扭、局部受压	

附加安全系数也是根据经验数据确定的，主要是考虑到一些特殊的情况（例如新型结构、重要结构或荷载变动较大的构件），需要再保险一些。所以，对一般构件，不引入附加安全系数（即附加安全系数为 1）；对薄腹大梁、直接承受重级工作制吊车的构件以及屋架、托架等构件，取附加安全系数为 1.05~1.10。对于预制构件在制作、运输及吊装阶段的强度验算，不但不考虑附加安全系数，还可以将基本安全系数乘以 0.9 使用。

保证结构使用安全的另一方面是材料设计强度的取值。

在正常施工条件下确定的混凝土强度称为“标准强度”，它是采用强度平均指标，并且适当地考虑到混凝土质量的不均匀程度确定的。按照混凝土在所处构件中的受力特征，设计计算时引用几种不同的强度，而强度种类则是根据混凝土标号的不同来定出指标值。设计规范规定的标准强度

值列于表 2。

混凝土标准强度 (公斤/厘米²)

表 2

强度种类	符号	混 凝 土 标 号							
		100	150	200	250	300	400	500	600
轴心抗压	R_a^b	70	105	140	175	210	280	350	420
弯曲抗压	R_w^b	90	130	175	220	260	350	440	525
抗 拉	R_t^b	10	13	16	19	21	25.5	30	34

但是, 由于混凝土的生产质量与设备运转条件和施工操作人员的水平有密切关系, 并且牵涉到所用原材料的性能, 波动性较大, 所以匀质性很差。即使是同一配合比、同一设备条件, 甚至经过同一人操作, 也难免出现强度差别。因为混凝土的不匀质性是客观存在的事实, 于是, 在设计计算时就要考虑这个因素, 确定另一种强度取值, 以策安全。设计时采用的“设计强度”, 是按标准强度打一个折扣得到的, 示于表 3。

表中提出的抗裂设计强度 R_t 是为抗裂度验算所引入的一项强度指标, 对于400号和400号以下的混凝土取 $R_t = R_t^b$;

混凝土的设计强度 (公斤/厘米²)

表 3

强度种类	符号	混 凝 土 标 号							
		100	150	200	250	300	400	500	600
轴心抗压	R_a	55	85	110	145	175	230	285	325
弯曲抗压	R_w	70	105	140	180	220	290	355	405
抗 拉	R_t	8	10.5	13	15.5	17.5	21.5	24.5	26.5
抗 裂	R_f	10	13	16	19	21	25.5	28.5	30.5

对于高标号混凝土，由于它在破坏时有显著的脆性特征，以及其它未考虑到的不利因素，对500号混凝土取 $R_f=0.95R_{f1}^0$ ，对600号混凝土取 $R_f=0.9R_{f1}^0$ 。

对于钢筋，由于它是匀质的材料，并且从钢厂出厂时都能基本上保证标准强度值，所以设计强度采用与标准强度一样的数值。各种钢筋的设计强度示于表4。

钢筋强度（公斤/厘米²）

表 4

钢筋种类	符号	直径 (毫米)	标准 强度 R_f^0	受拉钢筋 设计强度 R_f	受压钢筋 设计强度 R_f
I 级钢筋	Φ	6~40	2400	2400	2400
II 级钢筋	Φ	8~25	3400	3400	3400
		28~40	3200	3200	3200
III 级钢筋	Φ	8~40	3800	3800	3800
				3400 (用于轴心受拉和小偏心受拉构件)	
冷拉 I 级钢筋	Φ^I	≤ 12	2800	2800	2400
乙级冷拔低碳钢丝：	Φ^b	3~5	5500		
焊 接				3600	3600
绑 扎				2800	2800

表中也列出各种钢筋的标准强度值。其中乙级冷拔低碳钢丝的设计强度比标准强度低，这是因为它的标准强度是指“抗拉强度”，与“假想屈服点”还有一段“距离”（因为钢筋强度超过屈服点时，便具有明显的塑性性能，变形过大，所以计算时只能采用屈服点，而不能用抗拉强度。冷拔低碳钢丝属于硬钢，没有屈服点，因此要讲假想屈服点），

并且匀质性较差的缘故。

由于混凝土的抗拉性能弱，所以，当钢筋混凝土结构物受到不大的拉力，就会产生裂缝，这时钢筋强度只用掉一小部分；如果钢筋强度很高，要充分发挥其效能，使其受力达到它能够承担的强度，而混凝土早就裂开大口，结构物也不能使用了。因此，在普通钢筋混凝土结构中，只能采用强度较低的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋和乙级冷拔低碳钢丝；Ⅰ级钢筋经过冷拉后的强度虽有提高，但由于它是光面钢筋，直径较大的钢筋相对地其表面积较小，因而与混凝土之间的握裹能力较差。为了保证钢筋与混凝土之间有可靠的握裹能力，只限于直径为12毫米和12毫米以下者钢筋可利用其冷拉后的强度；规范规定对于直径大于12毫米者，如经冷拉，亦不得利用冷拉后的强度。

对于轴心受拉和小偏心受拉构件的受拉钢筋，如果采用较高的设计强度，则构件可能产生过大裂缝，所以必须限制设计强度值，使不超过3400公斤/厘米²；此外，构件中如配置不同种类的钢筋，则每种钢筋可根据受力情况采用各自的设计强度。

对于某些特种结构物，例如承受重复荷载的吊车梁，所采用的材料设计强度需另加考虑。在设计吊车梁时需要进行疲劳验算（验算重复荷载作用下是不是安全可靠），这时，要引入混凝土和钢筋的“疲劳设计强度”。

（三）受弯构件的强度计算

在钢筋混凝土结构的类型中，梁和板是典型的受弯构件，它受荷至破坏时所经历的四个阶段应力分布已如图2所

示，除了由于弯矩的作用，可能导致正截面破坏之外，也可能由于弯矩和剪力的共同作用，沿斜截面破坏。

1. 正截面强度计算

所谓“强度计算”就是指构件在破坏时，能不能承担足够的荷载（标准荷载乘上强度安全系数）。受弯构件的正截面强度计算按图2的“阶段Ⅳ”图形，计算结果反映出构件本身具备的极限承载能力，也就是说，算出构件破坏时能经受多大的外力。

在受弯构件中，通常只在受拉区配置受力主筋，而很少在受压区配置受力筋，这主要是发挥混凝土抗压性能好这个特点，以节约钢材。但是，在个别情况下，如受构筑物条件限制而不可能增大构件的截面高度，或者由于构件的某个部位有时受拉、有时受压，就要在截面的上、下部分都配置受力筋。当仅在构件的受拉区配置受力筋时，称为“单筋”构件；配置受压钢筋的受弯构件（特殊情况下，当构件的某个部位有时存在受拉与受压交替时，这种“受压”钢筋也受拉）称为“双筋”构件。

图2的“阶段Ⅳ”图形表示构件破坏时的状况。在受拉区，裂缝开展很大、很长，所以混凝土已不能受力，计算时仅考虑钢筋的作用，这时，钢筋应力达到设计强度 R_g ；在受压区，混凝土的应力图形接近矩形，为了简化计算，按受压区应力图形为矩形考虑。

现在以最简单的矩形截面构件来说明受弯构件的正截面强度计算方法。

如图3所示，构件受弯时，中和轴上部受压，这是“弯曲受压”，与柱子直接承受的压力不相同，所以采用“弯曲抗压”强度 R_w ；应力图形是矩形，说明无论在截面受压区

的哪一处高度，混凝土受的应力都是 R_w ；因此，若以 x 表示受压区高度，则混凝土受压面积为 $b x$ ，承受的总压力为 $R_w b x$ 。在中和轴下部，拉力全部由钢筋承担，所以钢筋承受的总拉力为 $R_g A_g$ （其中 A_g 为纵向受拉钢筋的截面面积）。

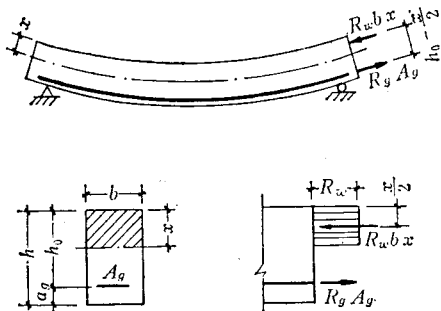


图 3

受压区和受拉区的这两个力保持平衡，则

$$R_w b x = R_g A_g$$

根据这式子，可以确定中和轴位置为

$$x = \frac{R_g A_g}{R_w b} \quad (1)$$

同时，这两个力形成一对力偶，产生弯矩 $R_g A_g \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$ 或 $R_w b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$ ，这就是构件截面所能承受的破坏弯矩。换句话说，加给构件截面这么大的弯矩时，它到达破坏阶段。于是，考虑安全系数后，要让 KM (M 是标准荷载作用下的弯矩) 小于或等于 $R_g A_g \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$ 或 $R_w b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$ ，那么，构件在使用条件下就安全了。