

建井工程结构

下 册 钢筋混凝土结构



煤炭工业出版社

7226
512

建井工程结构

下 册 钢筋混凝土结构

淮南煤炭学院 山东矿业学院 编

煤炭工业出版社



A563877

内 容 提 要

《建井工程结构》一书分上下二册出版。上册介绍了钢结构基本构件计算理论及凿井井架和各种凿井盘的计算；下册主要介绍钢筋混凝土基本构件计算理论以及井壁、巷道(硐室)支护结构、凿井设备基础等的设计和计算。每个专题均附有计算示例。本书可作煤炭高等院校建井专业教学参考书，也可供有关工程技术人员参考。

建 井 工 程 结 构

下 册 钢筋混凝土结构

淮南煤炭学院 山东矿业学院 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安苑门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 15 $^{1/2}$

字数 370 千字 印数 1—13,660

1979年6月第1版 1979年6月第1次印刷

书号 15035·2202 定价 1.65元

前 言

为适应煤炭工业的发展和加快实现四个现代化的需要，我们编写了《建井工程结构》一书。本书分上、下册，上册为建井钢结构，内容主要介绍钢结构基本构件的计算理论以及一架（凿井井架）、二台（天轮平台、卸矸台）、三盘（封口盘、固定盘、吊盘）、立井液压滑升模板等设计和计算；下册为建井钢筋混凝土结构，内容主要介绍钢筋混凝土基本构件的计算理论以及井壁、巷道（硐室）支护结构、凿井设备基础等设计和计算。每个专题均附有计算示例。本书所采用的计算公式及有关数据，主要根据我国各部委现行规范规定，也参考了国内有关科研和工程设计计算资料，某些计算理论和数据还有待今后在科研和实践中进一步完善。

在本书的编写过程中得到兄弟院校、设计和施工单位的热情指导，并提供了大量宝贵资料。煤炭工业出版社还邀请袁文伯教授为本书进行审订。在此表示衷心感谢。由于我们水平不高，调查研究不够深入，因此，书中的错误和缺点在所难免，热诚地希望读者提出批评指正。

1978年5月

目 录

第一部分 钢筋混凝土基本构件计算理论

第一章 钢筋混凝土结构的概念及材料	1
第一节 钢筋混凝土的概念	1
第二节 混凝土	1
第三节 钢筋	4
第二章 钢筋混凝土梁	10
第一节 钢筋混凝土构件计算原则	10
第二节 矩形截面单面配筋梁	11
第三节 矩形截面双面配筋梁	19
第四节 T形截面梁	21
第五节 梁的斜截面强度计算	24
第三章 钢筋混凝土受压（拉）构件	35
第一节 轴心受压构件	35
第二节 偏心受压构件	38
第三节 轴心受拉构件	51

第二部分 钢筋混凝土结构专题及计算示例

第四章 冻结法凿井井壁计算	54
第一节 井壁计算所需资料	54
第二节 井壁侧压力计算	56
第三节 选择井壁厚度及稳定性验算	60
第四节 井壁在侧压力作用下的内力计算	63
第五节 混凝土井壁强度验算	66
第六节 钢筋混凝土井壁环向配筋计算	68
第七节 按弹性基础理论(<i>m</i> 法)计算在井塔荷载作用下的井壁结构	71
第八节 按施工荷载计算竖向钢筋	78
第九节 井筒壁座计算	79
第十节 冻结凿井钢筋混凝土井壁计算示例	82
第五章 钻井法凿井井壁计算	98
第一节 预制钢筋混凝土圆筒井壁计算	99
第二节 井壁悬浮下沉时强度验算	103
第三节 井壁接头计算	106
第四节 井壁底(锅底)计算	112
第五节 钻井法凿井井壁计算示例	122
第六章 沉井法凿井井壁计算	136
第一节 沉井井壁计算	137

第二节	沉井刃脚设计	144
第三节	沉井壁座计算	147
第四节	构造要求	148
第五节	沉井井壁计算示例	149
第七章	巷道(硐室)支护结构计算	157
第一节	荷载计算	157
第二节	装配式钢筋混凝土支架	159
第三节	装配式预应力钢筋混凝土支架	167
第四节	整体式支护(衬砌)	174
第八章	凿井设备基础	191
第一节	地基土的分类	191
第二节	地基土的容许承载力	194
第三节	基础的埋置深度	199
第四节	基础计算	201
附 录		210
附录 I	型钢表	210
附录 II	梁的整体稳定系数	221
附录 III	轴心受压构件的稳定系数	223
附录 IV	偏心受压构件的稳定系数	224
附录 V	凿井设备悬吊荷载表	233
附录 VI	直墙拱形衬砌静力计算表	240

第一部分 钢筋混凝土基本构件计算理论

第一章 钢筋混凝土结构的概念及材料

第一节 钢筋混凝土的概念

钢筋和混凝土是两种不同的材料。钢筋的特性是抗拉强度大；而混凝土是用水泥和骨料（砂子、石子）配制成的人工石材，其特性是抗压强度较大，而抗拉强度只有抗压强度的 $1/8 \sim 1/15$ 。这两种不同性质的材料为什么要结合在一起？我们先从梁的受力作用说起：梁在荷载作用下，将要产生弯曲，梁的上部受压，下部受拉（图1-1）。但混凝土是抗压强度大而抗拉强度小的材料，当受拉区的混凝土被拉裂破坏时，虽然受压区混凝土的抗压潜力还很大，而梁已经折断（图1-1a）。因此，纯混凝土的梁实际上不能承受很大的荷载。

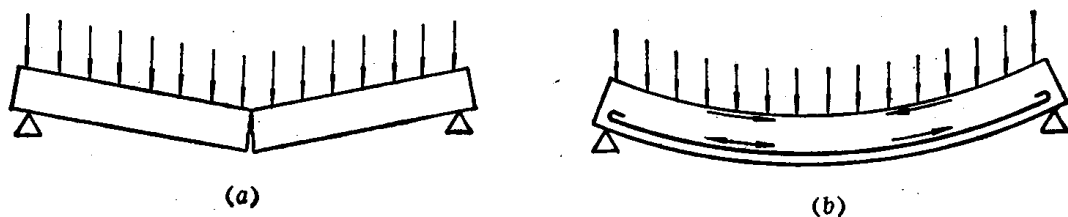


图 1-1 钢筋混凝土梁受力图

为了解决混凝土抗拉强度弱的缺点，在梁的受拉区配置抗拉强度很高的钢筋得到了良好的效果（图1-1b），这样，受压区的压力由混凝土承担，受拉区的拉力由钢筋承担，都能充分地发挥材料的特性。混凝土和钢筋结合在一起的产物，我们称为钢筋混凝土构件。

钢筋和混凝土两种材料能够结合成统一体，决定于以下三个条件：

1. 混凝土和钢筋表面间存在较强的粘结力。试验证明：混凝土标号在150~300号范围时，光面钢筋与混凝土间的平均粘结应力在 $25 \sim 40$ 公斤/厘米²之间。螺纹钢筋的粘结力则比光面钢筋要好得多。
2. 两种材料的线膨胀系数大致相同。钢材约为 $\alpha_s = 0.00012$ ；混凝土约为 $\alpha_h = 0.00010 \sim 0.00014$ ，因此能保证伸缩的一致性。
3. 混凝土包围钢筋形成保护层，保护钢筋不会锈蚀，使构件经久耐用。

第二节 混 凝 土

一、混凝土的标号及设计强度

1. 立方体强度 R 与标号

混凝土的一个重要指标是标号，混凝土的标号是按以下规定确定的：用水泥、砂子、

石子按一定的比例进行配合，加水拌和，制成为 $20 \times 20 \times 20$ 厘米的立方体试件，在标准条件下（温度为 $15 \sim 20^\circ\text{C}$ ，相对湿度不小于90%）养护至28天，在压力试验机上加压至试件破坏时，取其单位面积上的压力值（公斤/厘米²）即得到混凝土的立方体强度 R 。通常把立方体强度取整数的下限定为混凝土标号，仍以 R 作为标号的表达符号。我国《钢筋混凝土结构设计规范》（TJ 10-74）规定混凝土标号为：75、100、150、200、250、300、400、500、600号，共九种标号。

试件作抗压试验时，与试验方法有关，在压力机上受压时，试件纵向压缩，横向扩张。当压力机垫板与试件上下表面之间有摩擦力存在，试件横向不能自由扩张时，就会提高抗压能力。若在试件表面涂以油脂以减少摩擦力，则所测得混凝土的抗压强度，较不涂油脂者为小。试件的破坏情况如图1-2所示。为了统一标准，在试验中均采用不涂油脂的试件。当试件尺寸小于标准试件时，则因试验时两端摩擦力影响较大，故测得的强度较高，

应将试验结果乘以尺寸折算系数。在实际应用中可用如下折算系数：

15×15×15厘米的试件，折算系数取0.95；

10×10×10厘米的试件，折算系数取0.90。

2. 混凝土的设计强度

试验证明：若试件为棱柱体，其高度与边宽之比 h/b 愈大，则抗压强度愈低。这是因为试件高度增大后，两端摩擦力使强度增加的影响就逐渐减弱。棱柱体强度一般是指 $h/b > 3$ 时所得出的数值，棱柱体强度也称轴心抗压强度，

用 R_a 表示。 R_a 与 R 的关系可取用： $R_a = 0.7 R$ 。

对弯曲构件的验算，中和轴以上混凝土的抗压强度，称为弯曲抗压强度，用 R_w 表示，其取值约为轴心抗压强度 R_a 的1.25倍。弯曲抗压强度 R_w 是钢筋混凝土梁（或板）计算中的一个重要强度指标。

混凝土的轴心抗拉强度远比抗压强度低，用 R_L 表示，可用下式估值：

$$R_L = 0.5 R^{2/3} \quad (1-1)$$

混凝土轴心抗拉强度 R_L ，是对轴心受拉构件验算、弯曲构件受拉区混凝土强度验算、主拉应力验算的强度指标。

对钢筋混凝土构件作抗裂性验算时，可用抗裂设计强度 R_f 。

混凝土的设计强度，列于表1-1中。表中没有列出混凝土抗剪设计强度 R_j ，但对混凝土构件作冲切验算时将引用 R_j ，例如对井筒壁座的受剪验算。混凝土抗剪设计强度可用下式进行换算：

表 1-1 混凝土的设计强度（公斤/厘米²）

项次	强度种类	符号	混凝土标号								
			75	100	150	200	250	300	400	500	600
1	轴心抗压	R_a	42	55	85	110	145	175	230	285	325
2	弯曲抗压	R_w	52	70	105	140	180	220	290	355	405
3	抗拉	R_L	6.8	8	10.5	13	15.5	17.5	21.5	24.5	28.5
4	抗裂	R_f	8.5	10	13	16	19	21	25.5	28.5	30.5

$$R_j = 0.75\sqrt{R_a \cdot R_L} \quad (1-2)$$

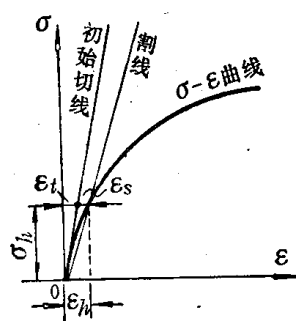
二、混凝土的弹性模量

混凝土的受压或受拉的应力-应变关系是一曲线（图1-3），它不服从虎克定律。所以混凝土的变形模量不是弹性模量，而是包括塑性变形在内的弹塑性模量。混凝土的变形增长要比应力增长为快，因此弹性模量随着应力的增大而降低。工程上常约取30%抗压强度时的应力与应变的比值，作为平均弹性模量（即采用 $\sigma_h = 0.3 R_a$ 时的割线弹性模量）。按此取值的割线弹性模量与初始弹性模量是相接近的。

建筑科学研究院对混凝土弹性模量做了大量试验，并总结出下列经验公式：

$$E_h = \frac{1000000}{2.2 + \frac{230}{R}} \quad (1-3)$$

式中 R ——混凝土标号。



图中：

ϵ_t ——弹性应变；

ϵ_s ——塑性应变；

ϵ_h ——总应变；

σ_h ——应力，作弹性模量计算时取 $\sigma_h = 0.3 R_a$ 。

图 1-3 应力、应变曲线

按上式计算出的弹性模量 E_h 值列在表1-2内，以备查用。

表 1-2 混凝土的弹性模量 E_h (公斤/厘米²)

项 次	混凝土标号	弹性模量	项 次	混凝土标号	弹性模量
1	75	1.55×10^5	6	300	3.00×10^5
2	100	1.85×10^5	7	400	3.30×10^5
3	150	2.30×10^5	8	500	3.50×10^5
4	200	2.60×10^5	9	600	3.65×10^5
5	250	2.85×10^5			

在应力较大时，混凝土的塑性变形就比较显著，应该取用弹塑性模量计算。混凝土受拉弹塑性模量 E_L 在应力达到设计强度 R_L 时，可取 $E_L = 0.5 E_h$ 。

混凝土的剪切模量，可按 $G_h = 0.425 E_h$ 取值。

三、混凝土的配比和容重

混凝土按标号要求的材料配比，应根据水泥标号、骨料的品种和粒径，进行级配设计。在缺乏实际试验资料时，可按表1-3初步选择配比，然后再进行标号试验，调整配比。

混凝土的容重与所用的骨料及震捣的密实程度有关。缺乏实际试验资料时，可按如下数值采用：

以石灰岩或砂岩为骨料的混凝土容重，不经震捣的为2300公斤/米³；经震捣的为2400公斤/米³。如用花岗岩、玄武岩为粗骨料的混凝土，按上列标准加100公斤/米³。

表 1-3 混 凝 土 配 比 表 (公斤)

混凝土号	水泥标号	碎石粒径 (毫米)	砂率 %	水			水 泥			黄 砂			碎 石		
				每方	比	每拌	每方	比	每拌	每方	比	每拌	每方	比	每拌
100	400	5~70	33	156	0.89	44.5	175	1	50	683	3.90	195	1386	7.92	396
100	400	20~70	31	156	0.89	44.5	175	1	50	641	3.66	183	1428	8.16	408
100	400	5~40	34	159	0.86	43	185	1	50	699	3.78	189	1357	7.55	366.5
100	400	5~20~40	33	159	0.86	43	185	1	50	678	3.67	183.5	1378	7.44	372
150	400	5~70	33	162	0.70	35	231	1	50	662	2.87	143.5	1345	5.82	291
150	400	20~70	36	162	0.70	35	231	1	50	723	3.13	156.5	1284	5.56	278
150	400	5~40	34	172	0.70	35	245	1	50	674	2.75	137.5	1309	5.35	267.5
150	400	5~20~40	33	172	0.70	35	245	1	50	654	2.67	133.5	1329	5.43	271.5
150	400	5~20	32	180	0.70	35	257	1	50	628	2.44	122	1335	5.20	260
200	400	5~70	33	157	0.51	25.5	308	1	50	639	2.05	102.5	1296	4.17	208.5
200	400	5~40	34	160	0.50	25	320	1	50	653	2.04	102	1267	3.96	198
200	400	5~20~40	33	160	0.50	25	320	1	50	634	1.98	99	1286	4.02	201
200	400	5~20	32	164	0.50	25	327	1	50	611	1.87	93.5	1298	3.97	198.5
200	400	6~13	31	173	0.51	25.5	340	1	50	585	1.69	84.5	1302	3.79	188
200	400	5~20	32	175	0.50	25	350	1	50	600	1.72	86	1275	3.64	182.0
250	400	5~70	33	167	0.48	24	348	1	50	622	1.79	89.5	1263	3.63	181.5
250	400	5~40	34	163	0.48	24	340	1	50	645	1.90	95	1252	3.68	184
250	500	5~20	33	156	0.52	26	300	1	50	642	2.14	107	1302	4.34	217
250	500	5~40	34	161	0.52	26	310	1	50	565	2.11	105.5	1273	4.11	205.5
300	500	5~40	34	164	0.46	23	357	1	50	639	1.79	89.5	1240	3.47	173.5
300	500	5~20~40	33	164	0.46	23	357	1	50	620	1.74	87	1259	3.52	176
300	500	5~20	32	173	0.46	23	357	1	50	593	1.58	79	1259	3.36	168
300	500	6~13	31	179	0.47	23.5	380	1	50	571	1.50	75	1270	3.35	167.5
400	500	5~40	34	180	0.40	20	450	1	50	602	1.41	70.5	1168	2.75	137.5
400	500	5~20~40	33	180	0.40	20	450	1	50	584	1.37	68.5	1186	2.79	139.5
400	500	5~20	32	186	0.40	20	465	1	50	560	1.27	63.5	1180	2.71	135.5
400	500	6~13	31	190	0.38	19	500	1	50	530	1.12	56	1180	2.5	125

钢筋混凝土的容重可按混凝土容重加上每立方米混凝土的钢筋重量的 $\frac{2}{3}$ 来确定。在一般钢筋混凝土结构设计时，可近似地采用其容重为 2500 公斤/米³。

第三节 钢 筋

一、钢筋的形式

用于钢筋混凝土结构的钢筋，通常制成圆截面。为了增加钢筋和混凝土间的粘结力，常将钢筋表面部分凸起，制成竹节钢筋、螺纹钢筋（图1-4）。

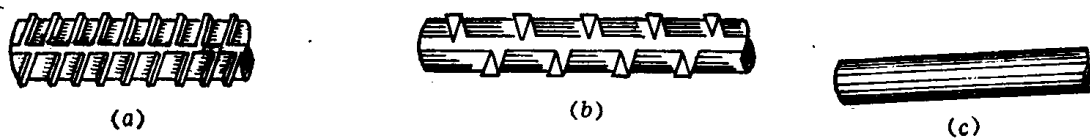


图 1-4 钢筋的形式

a—螺纹钢筋；b—竹节钢筋；c—圆钢筋

我国现在生产的钢筋：I级钢筋（3号钢）制成圆截面的光面钢筋，II级及以上的钢

筋多制成螺纹钢筋。

二、钢筋的设计强度及弹性模量

热轧钢筋按其强度的大小分为五级：Ⅰ级钢筋（3号钢）；Ⅱ级钢筋（16锰）；Ⅲ级钢筋（25锰硅）；Ⅳ级钢筋（44锰₂硅、45硅₂钛、40硅₂钒、45锰硅钒）；Ⅴ级钢筋（热处理44锰₂硅及45锰硅钒）。

元素后面的数字表示合金元素的平均含量百分数。如含量少于1.5%，则元素后面无数字；如大于1.5%、2.5%、3.5%，则以2、3、4表示。上列钢筋Ⅰ～Ⅳ级属于软钢，Ⅴ级为热处理钢筋属于硬钢。钢筋的热处理，一般是将钢筋先加热到900℃。然后急剧在水（或油）中淬火，再经盐浴回火到400℃。钢筋经过热处理可获得较高的强度，目前只用于预应力混凝土结构中。

软钢拉伸时的应力-应变曲线如图1-5所示，自开始加荷至比例极限（a点），应力-应变变成线性关系，到达屈服点（b点）将产生很大的塑性变形，使混凝土裂缝展开过大，随之整个构件产生过大的变形，使结构不能正常使用。屈服极限（即屈服点，亦称流限）是软钢的重要强度指标，所以软钢的钢筋设计强度以屈服点为准。硬钢的强度高，但塑性小，脆性大，没有明确的流限（图1-6），在计算中以“协定流限”为准。协定流限是指经过10秒钟的加荷及卸荷后发生0.2%永久变形时的应力，约相当于极限强度的0.70～0.85倍。

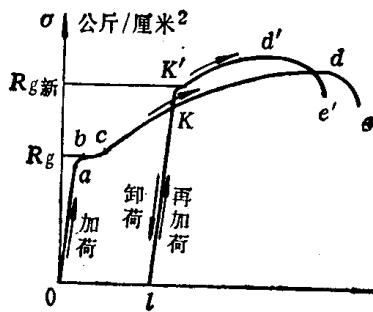


图 1-5 软钢拉伸应力-应变图

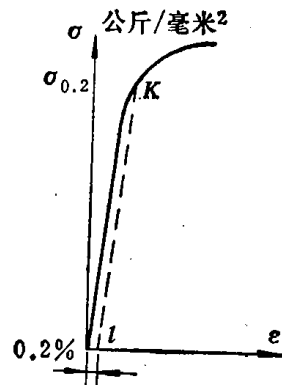


图 1-6 硬钢拉伸应力-应变图

钢筋经过冷加工强化，可以提高强度，节约钢材，但塑性较差。钢筋的冷加工强化通常采用冷拉和冷拔的方法。

1. 冷拉：冷拉是将钢筋一端锚定后，在其另一端施以拉力至产生塑性变形为止，结果使钢筋长度增加，屈服点提高。冷拉伸长率以4～6%为宜。冷拉一般以控制冷拉应力和冷拉伸长率为准，冷拉参数见表1-4。

2. 冷拔：冷拔是使直径不超过10毫米的光面圆钢筋通过硬质合金钢制成的模孔，而逐渐拔细到要求的细度，强度提高较冷拉为大。冷拔钢丝是生产钢索和在预应力钢筋混凝土中的钢丝材料。经过冷拔的钢丝因表面光洁，所以与混凝土间的粘结力较差。

钢筋用冷加工强化来提高强度，是通过时效的方法获得的。也就是将钢筋进行第一次冷加工强化后，将钢筋在常温下存放10～15天或立即在100～200℃温度下加热两小时左右，再行拉伸（总拉伸率在4～6%，冷拔时每次断面缩小应在10%以下），则屈服点就会

获得第二次提高 (见图1-5)。

表 1-4 钢 筋 冷 拉 参 数

项次	钢 筋 种 类	双 控		单 控
		控制冷拉应力(公斤/厘米 ²)	冷拉拉长率(%)不大于	冷拉拉长率(%)
1	I 级钢筋	—	—	不大于10.0
2	5号钢钢筋	4500	6.0	4.0~6.0
3	II 级钢筋	4500	5.5	3.5~5.5
4	III 级钢筋	5300	5.0	3.5~5.0
5	IV 级钢筋	7500	4.0	2.5~4.0

注: 冷拉时, 只控制拉长率简称单控; 同时控制冷拉应力和拉长率简称双控。

冷加工强化时效的钢筋, 约可节约钢材20~30%, 但不适用于在300~700℃高温下的结构以及受重复性荷载的结构。

钢筋的设计强度列于表1-5及表1-6中, 钢筋的弹性模量列于表1-7中。

表 1-5 钢 筋 设 计 强 度 (公斤/厘米²)

项次	钢 筋 种 类	符号	受拉钢筋设计强度 R_g 或 R_y	受压钢筋设计强度 R'_g 或 R'_y
1	I 级钢筋(3号钢)	ϕ	2400	2400
	II 级钢筋(16锰)	$\oplus$	3400	3400
	III 级钢筋(25锰硅)	$\oplus$	3800	3800
	IV 级钢筋(44锰 ₂ 硅、45硅 ₂ 钒、40硅 ₂ 钒、45锰硅钒)	$\oplus$	5500	4000
2	V 级钢筋(热处理44锰 ₂ 硅及45锰硅钒)	$\oplus^L$	12000	4000
3	冷拉 I 级钢筋(直径 ≤ 12 毫米)	ϕ^L	2800	2400
	冷拉 II 级钢筋	双 控 单 控	4500	3400
			4200	
	冷拉 III 级钢筋	双 控 单 控	5300	3800
			5000	
	冷拉 IV 级钢筋	双 控 单 控	7500	4000
			7000	

注: 1. 5号钢钢筋(ϕ)的受拉钢筋设计强度 R_g 取2800公斤/厘米²。冷拉5号钢钢筋(ϕ^L)的受拉钢筋设计强度 R_y : 双控时, 取4500公斤/厘米²; 单控时, 取4000公斤/厘米²。5号钢钢筋及冷拉5号钢钢筋的受压钢筋设计强度 R'_g 或 R'_y 均取2800公斤/厘米²。

2. 在钢筋混凝土结构中, 轴心受拉和小偏心受拉构件的受拉钢筋设计强度大于3400公斤/厘米²时, 仍应按3400公斤/厘米²取用; 其它构件的受拉钢筋设计强度大于3800公斤/厘米²时, 仍应按3800公斤/厘米²取用; 对直径大于12毫米的 I 级钢筋, 如经冷拉, 不得利用冷拉后的强度。

3. 项次1中 II 级钢筋当直径为28毫米及以上时, 设计强度应取3200公斤/厘米²。

4. 当钢筋混凝土结构的混凝土标号为100号时, 允许采用 I 级钢筋和5号钢钢筋, 此时受拉钢筋设计强度应乘以系数0.9。

5. 构件中配有不同种类的钢筋时, 每种钢筋根据其受力情况采用各自的设计强度。

三、钢筋的接头和弯钩

当钢筋的直径在4~10毫米时, 常制成盘条, 使用时再行拉直。直径超过12毫米时, 钢筋的长度为8~12米, 使用时常需要接头。钢筋接头宜优先采用焊接接头, 受拉力的钢筋应避免绑扎接头。钢筋接头形式如图1-7及表1-8所示。当钢筋直径 $\phi \geq 25$ 毫米时, 不宜采

表 1-6 钢 丝 设 计 强 度 (公斤/厘米²)

项次	钢 筋 种 类	符 号	受拉钢筋设计强度 R_g' 或 R_y	受压钢筋设计强度 R_g' 或 R_y
1	冷拔低碳钢丝	ϕb	I 组	I 组
			6000	5600
			5600	5200
			5200	4800
				3600
2	碳素钢丝	ϕ^s		
3	刻痕钢丝	ϕ^k	I 组	I 组
			15200	12800
			14400	12000
			13600	11200
			12800	10400
4	钢绞线	ϕ_j		

表 1-7 钢 筋 弹 性 模 量 (公斤/厘米²)

项次	钢 筋 种 类	弹 性 模 量 E_g
1	I 级钢筋、冷拉 I 级钢筋	2.1×10^6
2	II 级钢筋、III 级钢筋、IV 级钢筋、V 级钢筋(热处理)、5号钢筋	2.0×10^6
3	冷拉 II 级钢筋、冷拉 III 级钢筋、冷拉 IV 级钢筋、冷拉 5 号钢筋、冷拔低碳钢丝、碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线	1.8×10^6

注:表中项次3的冷拉钢筋,经时效后的弹性模量 E_g 均取 2.0×10^6 公斤/厘米²。

用非焊接接头。只在受压构件(轴心受压和偏心受压),当钢筋直径 $\phi \leq 32$ 毫米时,才可以采用非焊接接头,但接头位置宜放在受力较小处。绑扎接头的搭接长度 L_d 必须满足表1-9的规定,但在同一截面内接头的钢筋不应大于总截面积的25%,详见表1-10的规定。

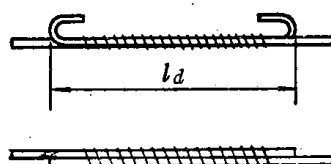
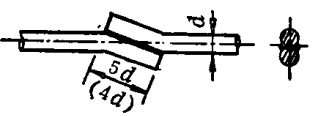
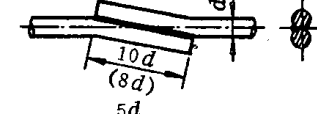
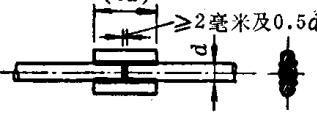
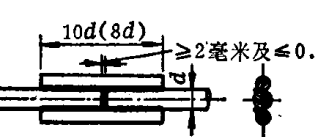


图 1-7 绑扎接头

为了提高钢筋在混凝土中的锚固力,常在钢筋的端部制成弯钩,如果是螺纹钢筋可以不加弯钩。

表 1-8 钢 筋 焊 接 接 头

项次	焊接接头名称	钢筋等级及直径 (毫米)	焊 接 型 式	备 注
1	对头接触电焊	I、II、III级钢筋 6~40		对头接触电焊在钢筋焊接中宜优先采用
2	两条贴角焊缝钢筋搭接电弧焊	I、II、III级钢筋 6~40		在电弧焊接中宜优先采用钢筋搭接电弧焊
3	一条贴角焊缝钢筋搭接电弧焊	I、II、III级钢筋 6~40		不得已时才采用这种形式
4	四条贴角焊缝绑条电弧焊	I、II、III级钢筋 6~40		当钢筋搭接电弧焊难以施工时,采用绑条电弧焊,绑条面积应为受力钢筋面积的1.2倍(I级钢筋)1.5倍(II、III级钢筋).
5	两条贴角焊缝绑条电弧焊	I、II、III级钢筋 6~40		不得已时才采用这种形式

注: 1. d 为圆钢筋直径或螺纹钢筋的计算直径。

2. 当由两条不同直径的钢筋连接时, 应取直径较小的来定搭接长度, 焊接后钢筋强度验算亦取较小直径的来计算。

3. 在焊接形式一项括弧内的数值, 系指由熟练技术工人施焊, 焊接质量可靠时采用的。

表 1-9 绑扎骨架和绑扎网中受力钢筋搭接时的最小搭接长度

项 次	钢 筋 类 型	受 力 情 况	
		受 拉	受 压
1	I 级钢筋5号钢钢筋	$30d$	$20d$
2	II 级钢筋	$35d$	$25d$
3	III 级钢筋	$40d$	$30d$
4	冷拔低碳钢丝	250毫米	200毫米

注: 1. 当混凝土标号为150号时, 除冷拔低碳钢丝外, 最小搭接长度应按表中数值增加 $5d$ 。

2. 位于受拉区的搭接长度不应小于250毫米, 位于受压区的搭接长度不应小于200毫米。

3. 受压钢筋采用 I 级及冷拉 I 级钢筋时, 如钢筋末端无弯钩, 则其搭接长度不应小于 $30d$ 。

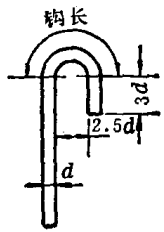
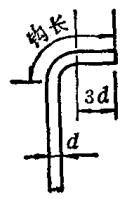
表 1-10 在搭接长度 L_d 区段内受力钢筋接头面积的允许百分率

项 次	接 头 形 式	接头面积允许百分率 (%)	
		受 拉 区	受 压 区
1	绑扎骨架和绑扎网中钢筋的搭接接头	25	50
2	焊接骨架和焊接网的搭接接头	50	50
3	受力钢筋的焊接接头	50	不限制
4	预应力钢筋的对焊接头	25	不限制

在受压构件中采用直钩。在受拉构件及受弯构件中采用半圆弯钩。弯钩的规格及下料

长度列于表1-11中，在设计计算钢筋长度时，也可按附加长度的 $6.25d$ 计算半圆钩， d 为该钢筋的直径。

表 1-11 不同直径的钢筋弯钩长度表

直径 d (毫米)	半圆钩长 (毫米)	减去伸长率后 的长度(毫米)	直钩长 (毫米)	减去伸长率后 的长度(毫米)	弯 钩 式 样
9	76.5	63	50	45	
10	85	70	57.5	50	
11	93	77	63	55	
12	102	84	69	60	
13	110.5	90	74.8	65	
14	119	98	80.5	70	
15	127.5	105	86	75	
16	136	112	90	75	
17	144.5	120	97.8	80	
18	153	125	103.14	90	
19	161.5	133	109	95	
20	170	140	115	100	
22	187	146	126	110	
24	204	165	138	120	
25	212	175	143.5	120	
28	238	195	156	135	
30	255	210	173	150	
32	272	216	184	160	

第二章 钢筋混凝土梁

第一节 钢筋混凝土构件计算原则

钢筋混凝土构件的计算方法已经经历了几个计算理论阶段。最早使用的是按容许应力计算方法，就是对构件抵抗破坏的强度进行验算，要求外部荷载对构件产生的应力不能超过材料的容许强度。按容许应力计算方法，只表示截面上某一点的应力与材料强度的关系，反映不出整个构件破坏时的安全程度。

鉴于按容许应力计算方法存在的缺点，通过生产实践和试验研究，逐渐形成了按破坏阶段计算的方法。它是以构件在破坏时的承载能力作为计算依据，计算出截面破坏时所能承担的内力，然后限制在使用荷载作用下载面的内力不超过该截面的破坏内力除以安全系数。这样，截面就有了安全系数所保证的强度储备，使结构在使用时期不致发生破坏。这种计算理论是以大量试验作为基础的，因而能反映出结构的真正承载能力和明确的安全度的概念。这种计算理论也存在缺点，不能具体分析各种不同因素对安全系数的影响。例如用一个安全系数来反映钢筋和混凝土这两种不同材料的匀质程度、显然是不合理的。又如把各种性质完全不同的荷载的变动性用同一个安全系数来表达，也是不合理的。

针对按单一安全系数的破坏阶段计算方法存在的缺点，又发展成多系数的极限状态计算方法。这种计算方法废除了笼统的单一安全系数而代之以多个计算系数，即荷载系数、材料强度系数、工作条件系数等。这些系数的确定，由实际统计资料根据所需要的安全保证率经过科学分析得出。这种处理方法显然更为细致合理。多系数的极限状态计算方法，更明确地提出了，结构的强度极限状态及正常使用的极限状态。强度极限状态包括结构达到极限承载能力；结构整体地或部分地丧失平衡稳定。对任何结构均需进行强度极限状态的计算。正常使用的极限状态是指结构在使用期间内产生过大的变形或裂缝出现过早、开展过宽从而使结构不能正常使用。应根据具体使用要求对结构分别进行验算。这种计算方法也存在缺点，虽然采用了多系数但也不能包括影响安全的全部因素；在计算上繁琐；同时缺乏一个直观的总安全储备概念。

我国现行《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ 10-74)，吸取了按多系数极限状态计算方法中的合理部分，提出了采用多系数分析、单一安全系数表达的半经验半统计的极限状态计算方法。设计荷载采用标准荷载，材料强度则采用设计强度 (R_h 、 R_g)。其表达式为：

$$KN \leq \Phi [R_h \cdot R_g \cdot S] \quad (1-4)$$

式中 $K = K_1 K_2 K_3$ ——构件强度设计安全系数；

K_1 ——荷载系数；

K_2 ——构件承载能力系数；

K_3 ——附加安全系数；

N ——标准荷载作用下的内力 (M 、 N 、 Q)；

R_g ——钢筋的设计强度；

R_h ——混凝土的设计强度；

S ——构件截面几何特征。

K_1, K_2 的乘积称为构件的基本安全系数列于表1-12及表1-13中，附加安全系数 K_3 列于表1-14中。构件强度设计安全系数 K 应为基本安全系数与附加安全系数的乘积。

表 1-12 混凝土结构构件的强度设计安全系数

项 次	受 力 特 征	强度设计安全系数
1	按抗压强度计算的受压构件、局部承压	1.65
2	按抗拉强度计算的受压、受弯构件	2.65

表 1-13 钢筋混凝土及预应力混凝土结构构件的基本安全系数

项 次	受 力 特 征	基 本 安 全 系 数	
		钢筋混凝土	预应力混凝土
1	轴心受拉、受弯、偏心受拉构件	1.40	1.50
2	轴心受压、偏心受压构件、斜截面受剪、受扭、局部承压	1.55	

表 1-14 钢筋混凝土及预应力混凝土结构构件的附加安全系数

项 次	选 用 条 件		附加安全系数
1	一般构件		1.0
2	薄腹大梁、直接承受重级工作制吊车的构件		1.05
3	屋架、托架	钢筋混凝土下弦及钢丝、钢绞线的预应力混凝土拉杆 其他杆件	1.10 1.05~1.10
4	承受风载为主的高耸结构		1.05~1.10
5	承受静水压力的水池等荷载变异较小的结构		1.0~0.9
6	缺乏实践经验的新结构以及荷载变异较大的结构		酌取大于1.0的数值

注：对预制构件在制作、运输及吊装阶段的强度验算，其强度设计安全系数系将基本安全系数乘以0.9，不考虑附加安全系数。

第二节 矩形截面单面配筋梁

我们在“钢筋混凝土的概念”一节中已经知道：梁在外力作用下就要发生弯曲，分成受压和受拉两个部分，只在受拉区配置抗拉钢筋（其余为构造钢筋），我们称为单面配筋梁，简称单筋构件。当外部荷载很小时，混凝土内的钢筋应力很小，可认为主要由混凝土承担外力作用，其截面应力状态如图1-8a、b所示。当荷载继续增加，在受拉区应力超过了混凝土的极限抗拉强度时，开始出现裂缝，混凝土便完全丧失其抗拉能力，此时钢筋担负了全部拉力，这是由量变到质变的飞跃过程。这时受压区的应力图也不是直线变化，而呈曲线形，即进入弹塑性状态，在梁越接近破坏时，受压区的应力图形越接近于矩形（图1-8c、d），为了简化计算，设计规范（TJ10-74）允许按矩形应力图计算（图1-8d）。

在合理的配筋率时，当梁破坏时，钢筋到达设计强度 R_g ，混凝土到达弯曲抗压设计