

2 2.6
982.14/12

预应力混凝土结构 设计与施工

中国工业出版社

預应力混凝土結構 設計与施工

中国工业出版社

本书介绍预应力混凝土结构的设计方法和施工工艺。书中，采用总安全系数的设计方法，能明确表达构件的安全储备；根据国内的材料条件和试验资料，给出了混凝土和钢筋的材料数据；同时介绍了国内较好的预应力工艺方法和简易张拉锚固设备。构件计算实例单列一章，“编写说明”附于书后，供参考。

本书可供设计施工人员和工人同志参考应用。

预应力混凝土结构设计及施工

只限国内发行

*

国家基本建设革命委员会 图书编辑部编辑 (河南省武陟县)
建筑科学研究院

中国工业出版社出版 (北京四新路36号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $5^{5/8}$ · 字数 109,000

1970年6月北京第一版·1970年6月北京第一次印刷

印数 0001—34,245 · 定价 (科四) 0.60元

*

统一书号：15165·4792(建工-540)

前 言

在我們伟大领袖毛主席亲自发动和领导的无产阶级文化大革命中，建筑业广大革命职工，高举毛泽东思想伟大红旗，彻底揭发和批判了叛徒、内奸、工贼刘少奇及其在建筑业的代理人所推行的反革命修正主义路线，鼓足干劲，力争上游，自力更生，奋发图强，树雄心，立壮志，赶超世界先进科学技术水平，一个新的生产建设高潮正在出现。

建国以来，预应力混凝土结构在建筑业得到了推广和应用，取得了很大成绩。我們遵循毛主席“打破洋框框，走自己工业发展道路”和“备战、备荒、为人民”的教导，批判了洋奴哲学、爬行主义，深入生产第一线，做了比較广泛的调查研究，在总结生产经验和科研成果的基础上，编写了这本《预应力混凝土结构设计及施工》资料。本书中，采用了总安全系数设计方法，构件的安全储备比較明确；根据国内材料条件和试验资料，列出了混凝土和钢筋的材料数据；同时介绍了国内較好的预应力工艺方法和简易张拉锚固设备。

毛主席教导我們：“一个正确的認識，往往需要經過由物质到精神，由精神到物质，即由实践到認識，由認識到实践这样多次的反复，才能够完成。”希望各单位在参考应用中，对本书的缺点和错误，提出批评和修改意见，连同有关资料数据函告建筑工程部建筑科学研究院建筑结构研究所，以便修订时参考。

参加本书编写的单位有：第一机械工业部第一设计院，

第三机械工业部第四设计院，第五机械工业部第五设计院，
水利电力部华北电力设计院，冶金工业部北京有色冶金设计
院、北京钢铁设计院，北京市建设局，首都钢铁公司，建筑
工程部标准设计研究所、建筑科学研究院建筑结构研究所。

1970 年 3 月

基本符号

内 外 力

- N ——标准纵向力；
 M ——标准弯矩；
 Q ——标准剪力；
 Q_{kh} ——最不利的斜截面上受压区混凝土和箍筋所能承受的标准剪力；
 T ——标准扭矩；
 N_y ——预应力钢筋的合力。

应 力

- σ_k ——预应力钢筋的张拉控制应力；
 σ_l ——相应工作阶段时预应力钢筋中的预应力损失；
 σ_y 及 σ'_y ——扣除相应阶段预应力损失后，受拉区及受压区的预应力钢筋的应力；
 σ_{ya} ——当构件强度达极限时，受压区预应力钢筋的应力；
 σ_g 及 σ'_g ——受拉区及受压区非预应力钢筋中的应力；
 σ 及 σ_h ——由外荷载及预加应力产生的混凝土正应力；
 σ_{xi} 及 σ_{xo} ——混凝土的主拉及主压应力。

材 料 指 标

- R_h ——混凝土立方强度；
 R'_h ——施加预应力时的混凝土立方强度；
 R_o ——混凝土轴心抗压标准强度；
 R_w ——混凝土弯曲抗压标准强度；
 R_t ——混凝土抗拉标准强度；
 E_h ——混凝土受拉和受压的弹性模量；
 R_y 及 R'_y ——预应力钢筋抗拉及抗压的标准强度；

R_{yk} ——斜截面抗剪计算时的预应力弯起钢筋的标准强度；

R_g 及 R'_g ——非预应力钢筋抗拉及抗压标准强度；

R_{sk} ——斜截面抗剪计算时非预应力横向钢筋的标准强度；

E_g ——钢筋的弹性模量。

几 何 特 征

A_y 及 A'_y ——受拉及受压区的预应力钢筋截面面积；

A_g 及 A'_g ——受拉及受压区的非预应力钢筋截面面积；

A_o 及 A ——换算截面面积及净截面面积；

I_o 及 I ——换算截面的惯性矩及净截面的惯性矩；

W_o ——换算截面弹性抵抗矩；

h_o ——截面有效高度；

e_o 及 e ——预应力钢筋的合力至换算截面重心轴及净截面重心轴的距离；

y_o 及 y ——换算截面的重心轴及净截面重心轴至所验算纤维处的距离；

y_y 及 y'_y ——受拉区及受压区预应力钢筋重心至换算截面重心的距离；

a 及 a' ——钢筋 A_y 和 A_g 的合力点及钢筋 A'_y 和 A'_g 的合力点至截面最近边缘的距离；

a_y 及 a_g ——钢筋 A_y 的合力点及钢筋 A_g 的合力点至截面最近边缘的距离；

a'_y 及 a'_g ——钢筋 A'_y 的合力点及钢筋 A'_g 的合力点至截面最近边缘的距离。

計 算 系 数

K ——强度安全系数；

K_f ——抗裂安全系数；

γ ——考虑混凝土塑性的系数。

毛主席语录

这次无产阶级文化大革命，对于巩固无产阶级专政，防止资本主义复辟，建设社会主义，是完全必要的，是非常及时的。

我国有七亿人口，工人阶级是领导阶级。要充分发挥工人阶级在文化大革命中和一切工作中的领导作用。

我们的方针要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

我们是马克思主义者，马克思主义叫我们看问题不要从抽象的定义出发，而要从客观存在的事实出发，从分析这些事实中找出方针、政策、办法来。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

目 录

基本符号.....	V
第一章 说明	1
第二章 材料与机具设备.....	1
第一节 混凝土	1
第二节 钢筋及其加工	2
第三节 机具设备	6
第三章 一般要求	8
第四章 强度计算	13
第一节 计算原则	13
第二节 轴心受拉构件	15
第三节 受弯构件	15
第四节 偏心受压构件	21
第五节 偏心受拉构件	23
第六节 制作、运输和吊装阶段的验算	24
第七节 端部锚固区局部承压计算	26
第五章 抗裂度计算	30
第六章 组合截面构件计算	34
第七章 疲劳验算	36
第八章 构造要求	39
第一节 一般要求	39
第二节 混凝土保护层及钢筋间距	40
第三节 钢筋焊接接头	41
第四节 构件端部构造	42
第五节 组合截面构件的构造	44
第九章 张拉工艺	45

第一节	先张法	45
第二节	后张法	47
第三节	电热法	50
第四节	后张自锚法	52
第十章	构件计算例题	61
附录一	预应力混凝土受弯构件的挠度计算	101
附录二	长线法重迭生产板材预应力工艺	101
附录三	先张法夹具和简易张拉机具	103
附录四	后张法锚具	110
附录五	钢筋锚固与检验	128
附录六	冷拉、张拉、电热和块体拼装记录表格	130
附录七	钢筋横截面面积及其理论重量	134
编写说明		136

第一章 說 明

1—1 本资料适用于工业与民用建筑物和一般构筑物的预应力混凝土结构的设计与施工。

1—2 预应力混凝土工程施工时必须采取有效措施，确保安全。

1—3 对预应力混凝土结构中普通钢筋混凝土部分，以及本资料未明确者，可参照使用下列现行规范：

《钢筋混凝土结构设计规范》(BJG 21-66)；

《16 锰和 25 锰硅普通低合金钢筋暂行应用规定》
(BJG 24-66)；

《钢筋混凝土工程施工及验收规范》(GBJ 10-65)。
荷载计算可参考《建筑结构设计荷载》。

第二章 材料与机具设备

第一节 混 凝 土

2—1 预应力混凝土结构的混凝土标号一般不宜低于 300 号，用碳素钢丝、钢绞线、热处理钢筋等硬钢作预应力钢筋的结构以及大跨度结构，混凝土标号不宜低于 400 号。

混凝土和孔道灌浆用的材料中均不得掺用有侵蚀作用的附加剂，如氯化钙、氯化钠等。

2—2 预应力混凝土中混凝土标准强度按表 2—1 采用。

2—3 混凝土受压和受拉弹性模量 E_s 按表 2—2 采用。

混凝土标准强度 (公斤/厘米²)

表 2—1

项次	强度种类	符 号	混 凝 土 标 号								
			200	250	300	350	400	450	500	550	600
1	轴心抗压 (棱柱强度)	R_c	140	175	210	245	280	315	350	385	420
2	弯曲抗压	R_{bc}	175	215	260	305	350	395	435	480	520
3	抗 拉	R_t	14	16.5	19	21.5	24	26	28	30	32

注：①混凝土标号系根据边长为20厘米的立方体，在标准温湿度养护下，龄期为28天的抗压强度确定。

②采用离心法浇注的构件，混凝土抗拉强度可按表中数值提高30%。

混凝土弹性模量 (公斤/厘米²)

表 2—2

项 次	混 凝 土 标 号	弹 性 模 量
1	200	2.60×10^5
2	250	2.85×10^5
3	300	3.00×10^5
4	350	3.15×10^5
5	400	3.30×10^5
6	450	3.40×10^5
7	500	3.50×10^5
8	550	3.60×10^5
9	600	3.70×10^5

第二节 钢筋及其加工

2—4 预应力混凝土中钢筋的进场质量检验应符合表 2—3 A 的要求。

钢筋的标准强度按表 2—3 B 采用。

2—5 预应力钢筋应根据结构用途、材料供应和施工条件优先选用强度较高的钢筋，并应注意：

鋼筋原材機械性能

表 2—3A

項 次	直 徑 (毫米)	鋼 筋 種 類 及 代 表 鋼 號	屈服點 (公斤/ 厘米 ²)	抗拉強度 (公斤/ 厘米 ²)	伸 長 率		冷 彎
					δ_5 (%)	δ_{10} (%)	
			大 于 或 等 于				
1	6~40	I 級 鋼 筋 (3 號 鋼)	2400	3800	25	21	180° 1d
2	6~25 28~40	II 級 鋼 筋 (16Mn; 16SiTi, 15SiV)	3400 3200	5200 5000	16		180° 3d
3	6~40	III 級 鋼 筋 (25MnSi; 25SiTi, 20SiV)	4000	6000	14		90° 3d
4	6~25	IV 級 鋼 筋 (40Si2 V; 45MnSiV, 45Si 2Ti, 44Mn 2Si)	6000	9000		8	90° 5d
5	6~10	V 級 鋼 筋 (熱處理44Mn2Si; 熱處理45MnSiV)	14500	16000		6	90° 5d

注：①表列冷彎直徑適用於直徑 $d \leq 25$ 毫米的鋼筋，對於直徑 $d > 25$ 毫米的鋼筋，其冷彎直徑按表列數值增加 1d。

②表內 IV 級鋼筋中的 44Mn 2Si 和 45Si 2 Ti 可按屈服點為 5500 公斤/厘米²、抗拉強度為 8500 公斤/厘米²驗收。

③表內 V 級鋼筋中的部分產品可按屈服點為 13500 公斤/厘米²、抗拉強度為 15000 公斤/厘米²驗收。

一、先張法預應力混凝土構件，當採用碳素鋼絲、鋼絞線作預應力鋼筋時，應注意粘結力不足而引起鋼絲滑移，致使強度不能充分發揮的現象。

二、需要進行疲勞驗算的構件，不得採用有焊接接頭的 IV 級鋼筋。

三、處於侵蝕性介質的預應力混凝土構件，不宜採用 V 級鋼筋、鋼絲、鋼絲束及鋼絞線作預應力鋼筋。

2—6 鋼筋的彈性模量 E_s 按表 2—4 採用。

2—7 預應力鋼筋冷拉時應採用應力控制，其冷拉應力見表 2—5。

钢筋标准强度 (公斤/厘米²)

表 2—3B

项次	钢筋种类及代表钢号	符号	抗拉标准强度	抗压标准强度	抗剪标准强度
1	I 级钢筋 (3 号钢)	Φ	2400	2400	1920
2	II 级钢筋	Ⓐ	3400	3400	2720
	冷拉 II 级钢筋		4500	3400	3600
3	III 级钢筋	Ⓢ	4000	4000	3200
	冷拉 III 级钢筋		5500	4000	4400
4	IV 级钢筋	Φ (光螺圆纹)	6000	3600	4800
	冷拉 IV 级钢筋		7500	3600	6000
5	V 级钢筋	Ⓢ (光螺圆纹)	14500 (13500)	3600	11600 (10800)
6	直径 $d \leq 5.5$ mm 的冷拔低碳钢丝		甲 7500	3600	6000
			乙 5500	3600	4400
7	碳素钢丝		φ2.5 19000	3600	15200
			φ3 18000		14400
			φ4 17000		13600
			φ5 16000		12800
8	刻痕钢丝		I 组 19000	3600	I 组 15200
			II 组 16000		II 组 12800
			18000 15000		14400 12000
			17000 14000		13600 11200
9	钢绞线		7.5 (7φ2.5) 18000	3600	14400
			9.0 (7φ3) 17000		13600
			12.0 (7φ4) 16000		12800
			15.0 (7φ5) 15000		12000

注: ① I ~ IV 级钢筋属于软钢, V 级钢筋及钢丝、钢绞线等属于硬钢。

② 波形、扭结钢丝按表中第 8 项的数据乘以 0.9 ~ 0.95 的系数。

③ 绑扎的箍筋, 其抗剪标准强度不得大于 3200 公斤/厘米²; 焊接骨架的箍筋, 其抗剪强度不得大于 4400 公斤/厘米²。

④ 表中 II 级钢筋抗拉和抗压标准强度及冷拉 II 级钢筋抗压标准强度, 当直径大于 25 毫米时, 应取 3200 公斤/厘米²。

⑤ 表中 V 级钢筋的括弧值是部分产品的标准强度 (参见表 2—3 A 的注③)。

⑥ 表中钢筋符号在本书中试用。

钢筋弹性模量 (公斤/厘米²)

表 2—4

项 次	钢 筋 种 类	弹 性 模 量
1	I 级钢筋	2.1×10^5
2	II 级、III 级及冷拉时效后的 II 级、III 级钢筋	2.0×10^5
3	IV 级及冷拉时效后的 IV 级钢筋 冷拔低碳钢丝、碳素钢丝、刻痕钢丝 钢丝束、热处理钢筋、钢绞线	1.8×10^5

注：对于冷拉未经时效的钢筋，施工时应注意弹性模量降低所引起的影响。

当采取有效措施保证质量时，也可采用拉长率控制。冷拉拉长率必须根据现场试验决定，其数值一般在表 2—5 范围内。

预应力钢筋的冷拉参数

表 2—5

钢 筋 种 类	冷拉应力 (公斤/厘米 ²)	冷拉拉长率 (%)
冷拉 II 级钢筋	4500	2~5
冷拉 III 级钢筋	5500	2~5
冷拉 IV 级钢筋	7500	1~4

注：①表中 IV 级盘圆钢筋的冷拉拉长率，已经包括调直拉长率 1 % 在内。

②成束钢筋冷拉时，各根钢筋下料长度的长短差不得超过构件长度的 1/1000，并不得大于 20 毫米。

2—8 预应力钢筋冷拉后宜采用人工时效处理；但在条件不具备时，也可以不进行人工时效。对于采用电热法张拉的预应力钢筋，可不必进行人工时效。

冷拉钢筋质量的检验，均采用经过人工时效的试件进行，其质量应符合表 2—6 的要求。

2—9 II、III、IV 级钢筋的焊接，应在冷拉前采用闪光对焊。帮条锚具用电弧焊焊接。

冷拉钢筋的质量标准

表 2—6

钢筋种类	屈服点 (公斤/厘米 ²)	冷拉时效后的 伸长率 δ_{10} (%)	冷拉时效后的 平均屈服比 (抗拉强度/ 屈服点) (%)	冷弯
冷拉Ⅱ级钢筋	>4500	≥10	≥107	$\frac{3d}{4d}$ (当 $d>25$ 毫米时为 $4d$) 90°
冷拉Ⅲ级钢筋	>5500	≥8	≥107	5 d 90°
冷拉Ⅳ级钢筋	>7500	≥6	≥107	5 d 90°

注：①当冷拉钢筋不符合表2—6的要求时，可降低表2—5的冷拉应力，若仍不能满足表2—6要求时，表2—3B中钢筋标准强度可相应降低采用。

②当冷拉钢筋仅冷弯不能满足表中要求时，则可用于次要构件。

各级钢筋焊接的工艺方法和焊接参数，可按《钢筋焊接操作及验收规程》(BJG18-65)规定，参考有关技术资料，或根据工地试验确定，钢筋焊接后的抗拉强度及冷弯要求须符合表2—3A的规定。

2—10 钢筋的墩粗工艺及检验方法参阅附录五。

2—11 预应力钢筋下料长度，应配合各种锚夹具，并考虑焊接接头压缩、冷拉拉长率、弹性回缩率、张拉伸长值、台座长度、构件长度和构件间隔长度等各项数据进行估算。

2—12 钢绞线在张拉前应进行预拉，预拉应力取抗拉标准强度的85%，持荷5~10分钟，然后放松。

钢绞线切割时，应将切割口两侧各5厘米处用铁丝绑扎，并将切割口焊牢，以免松散。采用电弧熔割时，地线应搭接在离切口2~3厘米处。

第三节 机具设备

2—13 张拉动力设备：油压千斤顶、油压双作用千斤