

混凝土

结构规范

工程建设标准规范分类汇编

● 中国建筑工业出版社

2000 年版

GONGCHENG
JIANSHE
BIAOZHONGUIFAN
FENLEIHUIBIAN

2000

工程建设标准规范分类汇编

混凝土结构规范

(2000 年版)

本社编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构规范:2000年版/中国建筑工业出版社编. —北京:
中国建筑工业出版社,2000
ISBN 7-112-04105-8

I. 混… II. 中… III. 混凝土结构-标准-汇编 IV. TU37-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 57847 号

工程建设标准规范分类汇编

混凝土结构规范

(2000 年版)

本 社 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新 华 书 店 经 销

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 58¼ 插页: 4 字数: 1296 千字

2000 年 10 月第一版 2000 年 10 月第一次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 110.00 元

ISBN 7-112-04105-8

TU · 3221 (9555)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

中华人民共和国行业标准

轻骨料混凝土结构设计规程

Specification for Design of Lightweight
Aggregate Concrete Structures

JGJ 12—99

主编单位：中国建筑科学研究院
批准部门：中华人民共和国建设部
施行日期：1999年10月1日

关于发布行业标准《轻骨料混凝土 结构设计规程》的通知

建标 [1999] 63号

根据原城乡建设环境保护部《关于1986年制订、修订标准规范、规程项目计划的通知》（[86]城科字第263号）要求，由中国建筑科学研究院主编的《轻骨料混凝土结构设计规程》，经审查，批准为强制性行业标准，编号JGJ12—99，自1999年10月1日起施行。原部标准《钢筋轻骨料混凝土结构设计规程》JGJ12—82同时废止。

本标准由建设部建筑工程技术标准归口单位中国建筑科学研究院负责管理，由中国建筑科学研究院负责具体解释，由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版。

中华人民共和国建设部

1999年3月17日

1 总 则

1.0.1 为了在轻骨料混凝土结构设计中贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业与民用房屋和一般构筑物的钢筋混凝土、预应力轻骨料混凝土以及轻骨料素混凝土承重结构的设计。

1.0.3 对于轻骨料混凝土结构的设计，除应执行本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 符 号

2.1 作用和作用效应

2.1.1 轻骨料混凝土结构设计时，代表作用和作用效应的符号，应按下列规定采用：

- N ——轴向力设计值；
- N_s ——按荷载短期效应组合计算的轴向力值；
- N_l ——按荷载长期效应组合计算的轴向力值；
- N_p ——后张法构件预应力钢筋及非预应力钢筋的合力；
- N_{p0} ——轻骨料混凝土法向预应力为零时预应力钢筋及非预应力钢筋的合力；
- M ——弯矩设计值；
- M_s ——按荷载短期效应组合计算的弯矩值；
- M_l ——按荷载长期效应组合计算的弯矩值；
- M_{cr} ——受弯构件正截面开裂弯矩值；
- M_u ——构件的正截面受弯承载力设计值；
- T ——扭矩设计值；
- V ——剪力设计值；
- V_u ——构件斜截面上轻骨料混凝土和箍筋的受剪承载力设计值；
- σ_{se} ——荷载短期效应组合下抗裂验算边缘的轻骨料混凝土法向应力；
- σ_{le} ——荷载长期效应组合下抗裂验算边缘的轻骨料混凝土法向应力；
- σ_{pe} ——由预加应力产生的轻骨料混凝土法向应力；
- σ_{lp} ——轻骨料混凝土中的主拉应力；

σ_{cp} ——轻骨料混凝土中的主压应力；
 σ_s ——正截面承载力计算中纵向普通钢筋的应力；
 σ_p ——正截面承载力计算中纵向预应力钢筋的应力；
 σ_{con} ——预应力钢筋的张拉控制应力；
 σ_{ss} ——按荷载的短期效应组合计算的纵向受拉钢筋应力或等效应力；
 σ_l ——受拉区预应力钢筋在相应阶段的预应力损失值；
 σ'_l ——受压区预应力钢筋在相应阶段的预应力损失值；
 σ_{p0} ——预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向应力等于零时的预应力钢筋应力；
 σ_{pe} ——预应力钢筋的有效预应力；
 τ ——轻骨料混凝土的剪应力；
 ω_{max} ——考虑裂缝宽度分布不均匀性和荷载长期效应组合影响的
 最大裂缝宽度；
 B ——受弯构件的截面刚度。

2.2 材料性能

2.2.1 轻骨料混凝土结构设计时，代表材料性能的符号，应按下列规定采用：

E_c ——轻骨料混凝土弹性模量；
 G_c ——轻骨料混凝土剪变模量；
 γ_c ——轻骨料混凝土泊松比；
 E_s ——钢筋弹性模量；
 f_{ct} ——轻骨料混凝土轴心抗压强度标准值；
 f_c ——轻骨料混凝土轴心抗压强度设计值；
 f_{cmk} ——轻骨料混凝土弯曲抗压强度标准值；
 f_{cm} ——轻骨料混凝土弯曲抗压强度设计值；
 f_{tk} ——轻骨料混凝土轴心抗拉强度标准值；
 f_t ——轻骨料混凝土轴心抗拉强度设计值；

CL25——表示立方体强度标准值为 25N/mm^2 的轻骨料混凝土强度等级；

f_{cu} ——边长为 150mm 的轻骨料混凝土立方体抗压强度；
 $f_{cu,k}$ ——边长为 150mm 的轻骨料混凝土立方体抗压强度标准值；
 f_{yk} ——普通钢筋强度标准值；
 f_{yk} ——预应力钢筋强度标准值；
 f_y ——普通钢筋抗拉强度设计值；
 f'_y ——普通钢筋抗压强度设计值；
 f_{py} ——预应力钢筋抗拉强度设计值；
 f'_{py} ——预应力钢筋抗压强度设计值。

2.3 几何参数

2.3.1 轻骨料混凝土结构设计时，代表几何参数的符号，应按下列规定采用：

a ——纵向受拉钢筋合力点至截面近边的距离；
 a' ——纵向受压钢筋合力点至截面近边的距离；
 a_s ——纵向非预应力受拉钢筋合力点至截面近边的距离；
 a'_s ——纵向非预应力受压钢筋合力点至截面近边的距离；
 a_p ——受拉区纵向预应力钢筋合力点至截面近边的距离；
 a'_p ——受压区纵向预应力钢筋合力点至截面近边的距离；
 b ——矩形截面宽度，T形、I形截面的腹板宽度；
 b_t ——T形或I形截面受拉区的翼缘宽度；
 b'_t ——T形或I形截面受压区的翼缘宽度；
 d ——圆形截面的直径或钢筋直径；
 c ——轻骨料混凝土保护层厚度；
 e ——轴向力作用点至纵向受拉钢筋合力点的距离；
 e' ——轴向力作用点至纵向受压钢筋合力点的距离；
 e_0 ——轴向力对截面重心的偏心距；

- e_c ——附加偏心距;
 e_i ——初始偏心距;
 h ——截面高度;
 h_0 ——截面有效高度;
 h_{t1} ——T形或I形截面受拉区的翼缘高度;
 h'_{t1} ——T形或I形截面受压区的翼缘高度;
 i ——回转半径;
 r_c ——曲率半径;
 l_c ——纵向受拉钢筋的最小锚固长度;
 l_0 ——计算跨度或计算长度;
 s ——沿构件轴线方向上横向钢筋的间距或箍筋的间距;
 x ——轻骨料混凝土受压区高度;
 y_0 ——换算截面重心至所计算纤维的距离;
 y_n ——净截面重心至所计算纤维的距离;
 z ——纵向受拉钢筋合力点至轻骨料混凝土受压区合力点之间的距离;
 A ——构件截面面积;
 A_0 ——构件换算截面面积;
 A_n ——构件净截面面积;
 A_s ——受拉区纵向非预应力钢筋的截面面积;
 A'_s ——受压区纵向非预应力钢筋的截面面积;
 A_p ——受拉区纵向预应力钢筋的截面面积;
 A'_p ——受压区纵向预应力钢筋的截面面积;
 A_{sv} ——在受剪计算中单肢箍筋的截面面积;
 A_{sv1} ——在受扭计算中单肢箍筋的截面面积;
 A_{sv} ——同一截面内各肢竖向箍筋的全部截面面积;
 A_{sh} ——同一截面内各肢水平箍筋的全部截面面积;
 A_{sb} ——同一弯起平面内非预应力弯起钢筋的截面面积;
 A_{pb} ——同一弯起平面内预应力弯起钢筋的截面面积;

- W ——截面受拉边缘的弹性抵抗矩;
 W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩;
 W_n ——净截面受拉边缘的弹性抵抗矩;
 I ——截面惯性矩;
 I_0 ——换算截面惯性矩;
 I_n ——净截面惯性矩。

2.4 计算系数

2.4.1 轻骨料混凝土结构设计时,代表计算系数的符号,应按下列规定采用:

- α_c ——轻骨料混凝土线膨胀系数;
 α_{ct} ——轻骨料混凝土拉应力限制系数;
 α_E ——钢筋弹性模量与轻骨料混凝土弹性模量的比值;
 γ ——受拉区轻骨料混凝土塑性影响系数;
 λ ——计算截面的剪跨比;
 ρ ——纵向受拉钢筋配筋率;
 ρ_v ——箍筋的体积配筋率;
 φ ——轴心受压构件的稳定系数;
 θ ——考虑荷载长期效应组合对挠度增大的影响系数;
 ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数;
 γ_{RE} ——承载力抗震调整系数。

续表

密度等级	轻骨料混凝土干表观 密度变化范围 (kg/m ³)	密度标准值 (kg/m ³)	
		轻骨料混凝土	钢筋混凝土
1400	1360~1450	1450	1550
1500	1460~1550	1550	1650
1600	1560~1650	1650	1750
1700	1660~1750	1750	1850
1800	1760~1850	1850	1950
1900	1860~1950	1950	2050

注: 1. 钢筋混凝土的密度标准值, 也可根据实际情况确定;

2. 对蒸养后即行起吊的预制构件, 吊装验算时, 其密度标准值应增加 100kg/m³。

表 3.1.4 轻骨料混凝土强度标准值 (N/mm²)

强度种类	符号	轻骨料混凝土强度等级									
		CL7.5	CL10	CL15	CL20	CL25	CL30	CL35	CL40	CL45	CL50
轴心抗压	f_{tk}	5.0	6.7	10.0	13.5	17.0	20.0	23.5	27.0	29.5	32.0
弯曲抗压	f_{cmk}	5.5	7.5	11.0	15.0	18.5	22.0	26.0	29.5	32.5	35.0
抗拉	f_{tk}	0.75	0.90	1.20	1.50	1.75	2.00	2.25	2.45	2.60	2.75

注: 1. 浮石或火山渣混凝土的抗拉强度标准值, 应按表中数值乘以系数 0.8;

2. 自燃煤矸石混凝土的抗拉强度标准值, 应按表中数值乘以系数 0.85。

表 3.1.5 轻骨料混凝土强度设计值 (N/mm²)

强度种类	符号	轻骨料混凝土强度等级									
		CL7.5	CL10	CL15	CL20	CL25	CL30	CL35	CL40	CL45	CL50
轴心抗压	f_c	3.7	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	19.5	21.5	23.5
弯曲抗压	f_{cm}	4.1	5.5	8.5	11.0	13.5	16.5	19.0	21.5	23.5	26.0
抗拉	f_t	0.55	0.65	0.90	1.10	1.30	1.50	1.65	1.80	1.90	2.00

注: 1. 浮石或火山渣混凝土的抗拉强度设计值, 应按表中数值乘以系数 0.8;

2. 自燃煤矸石混凝土的抗拉强度设计值, 应按表中数值乘以系数 0.85;

3. 计算现浇钢筋混凝土轴心受压及偏心受压构件时, 如截面的长边或直径小于 300mm, 则表中轻骨料混凝土的强度设计值应乘以系数 0.8; 当构件质量 (如混凝土成型、截面和轴线尺寸等) 确有保证时, 可不受此限。

3.1.6 轻骨料混凝土受压或受拉时的弹性模量 E_c 可按表 3.1.6 采用。

3 材料

3.1 轻骨料混凝土

3.1.1 用轻粗骨料、轻细骨料或普通砂、水泥和水配制成的混凝土, 其干表观密度不大于 1950kg/m³ 者, 称为轻骨料混凝土。本规程适用于粉煤灰陶粒混凝土、粘土陶粒混凝土、页岩陶粒混凝土、浮石或火山渣混凝土、自燃煤矸石混凝土和膨胀矿渣珍珠混凝土。

3.1.2 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 CL15; 预应力轻骨料混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 CL25。用于自承重兼保温的钢筋混凝土及预应力轻骨料混凝土构件的混凝土强度等级可适当降低。

3.1.3 轻骨料混凝土按其干表观密度分为十二个等级。某一密度等级轻骨料混凝土及钢筋混凝土的密度标准值应按表 3.1.3 采用。

3.1.4 轻骨料混凝土强度标准值应按表 3.1.4 采用。

3.1.5 轻骨料混凝土强度设计值应按表 3.1.5 采用。

表 3.1.3 轻骨料混凝土及钢筋混凝土的密度标准值

密度等级	轻骨料混凝土干表观 密度变化范围 (kg/m ³)	密度标准值 (kg/m ³)	
		轻骨料混凝土	钢筋混凝土
800	760~850	850	900
900	860~950	950	1000
1000	960~1050	1050	1100
1100	1060~1150	1150	1200
1200	1160~1250	1250	1350
1300	1260~1350	1350	1450

表 3.1.6 轻骨料混凝土的弹性模量 E_c ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)

强度等级	密 度 等 级									
	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
CL7.5	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	—
CL10	—	—	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	9.6	10.2
CL15	—	—	—	—	8.8	9.5	10.2	10.9	11.6	12.3
CL20	—	—	—	—	—	11.9	12.7	13.5	14.3	15.1
CL25	—	—	—	—	—	—	14.2	15.1	16.0	16.9
CL30	—	—	—	—	—	—	—	16.5	17.5	18.5
CL35	—	—	—	—	—	—	—	—	18.0	19.0
CL40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18.5
CL45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.0
CL50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.5

注：1. 当有试验依据时，弹性模量值也可根据实测数据确定；
2. 用膨胀珍珠或自然煤矸石作粗骨料的混凝土，其弹性模量可比表列数值提高 20%。

3.1.7 轻骨料混凝土的剪变模量 G_c 可按下式计算：

$$G_c = \frac{5}{12} E_c \quad (3.1.7)$$

轻骨料混凝土的泊松比 γ_c 可采用 0.2。

3.1.8 当温度在 0℃ 到 100℃ 范围内时，轻骨料混凝土的线膨胀系数 α_c 可按表 3.1.8 采用。

表 3.1.8 轻骨料混凝土的线膨胀系数 α_c

密 度 等 级	α_c (以每摄氏度计)
≤ 1400	0.7×10^{-5}
1900	1.0×10^{-5}

注：中间密度等级的 α_c 值按直线内插法确定。

3.2 钢 筋

3.2.1 钢筋轻骨料混凝土结构及预应力轻骨料混凝土结构的钢筋，应按下列规定选用：

3.2.1.1 普通钢筋宜采用 I、II、III 级钢筋和 LL550 级冷轧带肋

钢筋，也可采用冷拉 I 级 ($d \leq 12\text{mm}$) 钢筋和乙级冷拔低碳钢丝。
3.2.1.2 预应力钢筋宜采用碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线和热处理钢筋，以及冷拉 I、II、IV 级钢筋。

3.2.1.3 对中、小型构件中的预应力钢筋，宜采用 LL650 级或 LL800 级冷轧带肋钢筋，也可采用甲级冷拔低碳钢丝。碳素钢丝宜用于后张法构件。

注：1. 普通钢筋系指用于钢筋轻骨料混凝土结构中的钢筋和预应力轻骨料混凝土结构中的非预应力钢筋；

2. 碳素钢丝和刻痕钢丝系指国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB5223 中的光面和刻痕的并经消除应力的高强度圆形钢丝。

3.2.2 钢筋的强度标准值应具有不小于 95% 的保证率。

普通钢筋的强度标准值和预应力钢筋的强度标准值应按表 3.2.2-1 及表 3.2.2-2 采用。

表 3.2.2-1 钢筋强度标准值 (N/mm^2)

种 类	f_{yk} 或 f_{pk} 或 f_{pk}
热轧钢筋	
I 级 (Q235)	235
II 级 (20MnSi、20MnNb (b))	335
III 级 (20MnSiV、20MnTi、K20MnSi)	400
IV 级 (40Si2MnV、45SiMnV、45Si2MnTi)	540
冷拉钢筋	
I 级 ($d \leq 12$)	280
I 级 ($d \leq 25$)	450
I 级 ($d = 28 \sim 40$)	430
II 级	500
IV 级	700
冷轧带肋钢筋	
LL550 ($d = 4 \sim 12$)	550
LL650 ($d = 4、5、6$)	650
LL800 ($d = 5$)	800
热处理钢筋	
40Si2Mn ($d = 6$)	1470
45Si2Mn ($d = 8、2$)	
45Si2Cr ($d = 10$)	

注：III 级 K20MnSi 钢筋系余热处理钢筋。

续表

种 类	f_y 或 f_{py}	f_y 或 f_{py}
冷轧带肋钢筋		
LL550 ($d=4\sim12$)	360	360
LL650 ($d=4, 5, 6$)	430	380
LL800 ($d=5$)	530	380
热处理钢筋		
40Si2Mn ($d=6$)	1000	400
48Si2Mn ($d=8, 2$)		
45Si2Cr ($d=10$)		

- 注: 1. 在钢筋混凝土结构中, 轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于 310N/mm^2 时, 仍应按 310N/mm^2 取用, 其他构件的钢筋抗拉强度设计值大于 360N/mm^2 时, 仍应按 360N/mm^2 取用; 对于直径大于 12mm 的 I 级钢筋, 如经冷拉, 不得利用冷拉后的强度;
2. 当钢筋混凝土结构的轻骨料混凝土强度等级为 CL10 时, 光面钢筋的强度设计值应按 190N/mm^2 取用, 变形钢筋的强度设计值应按 230N/mm^2 取用;
3. 成盘供应的 LL550 级冷轧带肋钢筋经机械调直后, 抗拉强度设计值应降低 20N/mm^2 , 且抗压强度设计值不应大于相应的抗拉强度设计值;
4. 构件中配有不同种类的钢筋时, 每种钢筋根据其受力情况应采用各自的强度设计值。

表 3.2.3-2 钢丝、钢绞线强度设计值 (N/mm^2)

种 类	f_y 或 f_{py}	f_y 或 f_{py}
碳素钢丝		
$\phi 4\sim\phi 9$	$f_{ptk}=1770$	1200
	$f_{ptk}=1670$	1130
	$f_{ptk}=1570$	1070
	$f_{ptk}=1470$	1000
刻痕钢丝		
$\phi 5, \phi 7$	$f_{ptk}=1570$	1070
	$f_{ptk}=1470$	1000
冷拔低碳钢丝		
甲 级	组 别	I 组 I 组
	$\phi 4$	460 430
	$\phi 5$	430 400
乙 级	用于焊接骨架和焊接网时	320
	用于绑扎骨架和绑扎网时	250

表 3.2.2-2 钢丝、钢绞线强度标准值 (N/mm^2)

种 类	f_{ptk} 或 f_{ptk}
碳素钢丝	
$\phi 4, \phi 5$	1770, 1670, 1570, 1470
$\phi 6$	1670, 1570
$\phi 7, \phi 8, \phi 9$	1570, 1470
刻痕钢丝	
$\phi 5, \phi 7$	1570, 1470
冷拔低碳钢丝	
甲 级:	I 组 I 组
$\phi 4$	700 650
$\phi 5$	650 600
乙 级:	$\phi 3\sim\phi 5$ 550
二 股	$d=10.0$ $d=12.0$ 1720
三 股	$d=10.8$ $d=12.9$ 1720
七 股	$d=9.5$ 1860 $d=11.1$ 1860 $d=12.7$ 1860 $d=15.2$ 1860, 1820, 1720

注: 1. 钢绞线直径 d 系指钢绞线标准 GB5224-95 中的公称直径 D_g ; 钢绞线的计算截面面积和公称质量见附录 E;

2. 用作预应力钢筋的甲级冷拔低碳钢丝经机械调直后, 强度标准值应降低 50N/mm^2 。

3.2.3 钢筋抗拉强度设计值 f_y 或 f_{py} 及钢筋抗压强度设计值 f'_y 或 f'_{py} 应分别按表 3.2.3-1 及表 3.2.3-2 采用。

表 3.2.3-1 钢筋强度设计值 (N/mm^2)

种 类	f_y 或 f_{py}	f_y 或 f_{py}
I 级 (Q235)	210	210
II 级 (20MnSi, 20MnNb (b))	310	310
III 级 (20MnSiV, 20MnTi, K20MnSi)	360	360
IV 级 (40Si2MnV, 45SiMnV, 45Si2MnTi)	500	400
I 级 ($d\leq 12$)	250	210
I 级	$d\leq 25$ 380	310
II 级	$d=28\sim 40$ 360	310
III 级	420	360
IV 级	580	400

续表

种 类		f_y 或 f_{pv}	f_y 或 f_{pv}
钢筋线	二 股	$f_{pk}=1720$	360
	三 股	$f_{pk}=1720$	360
		$f_{pk}=1860$	
		$f_{pk}=1820$	
	七 股	$f_{pk}=1720$	

- 注: 1. 冷拔低碳钢丝用作预应力钢筋时, 应按表 3.2.2.2 规定的钢丝强度标准值逐盘进行检验, 其强度设计值应按甲级采用; 乙级冷拔低碳钢丝可按分批检验, 并宜用作焊接骨架、焊接网、梁立筋、箍筋和构造钢筋;
2. 用作预应力钢筋的甲级冷拔低碳钢丝经机械调直后, 抗拉强度设计值应降低 $30N/mm^2$, 且抗压强度设计值不应大于相应的抗拉强度设计值;
3. 当碳素钢丝、刻痕钢丝、钢筋线的强度标准值不符合表 3.2.2.2 的规定时, 其强度设计值应进行换算。

3.2.4 钢筋弹性模量 E_s 应按表 3.2.4 采用。

表 3.2.4 钢筋弹性模量 (N/mm^2)

种 类	E_s
I 级钢筋、冷拉 I 级钢筋	2.1×10^5
II 级钢筋、III 级钢筋、IV 级钢筋、热处理钢筋、碳素钢丝、冷拔低碳钢丝	2.0×10^5
冷轧带肋钢筋	1.9×10^5
冷拉 II 级钢筋、冷拉 III 级钢筋、冷拉 IV 级钢筋、刻痕钢丝、钢筋线	1.8×10^5

注: 必要时, 钢筋线可采用实测的弹性模量。

4 基本设计规定

4.1 一般规定

4.1.1 本规程采用极限状态设计法, 以分项系数的设计表达式进行设计。

4.1.2 结构构件应根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求, 分别按下列规定进行计算和验算:

4.1.2.1 承载力及稳定: 所有结构构件均应进行承载力 (包括压屈失稳) 计算, 在必要时尚应进行结构的倾覆和滑移验算; 处于地震区的结构, 尚应进行结构构件的抗震承载力计算。

4.1.2.2 变形: 根据使用条件需控制变形值的结构构件, 应进行变形验算。

4.1.2.3 抗裂及裂缝宽度: 对使用上要求不出现裂缝的构件, 应进行轻骨料混凝土拉应力验算; 对使用上允许出现裂缝的构件, 应进行裂缝宽度验算。

4.1.3 结构构件的承载力 (包括压屈失稳) 计算和倾覆、滑移验算, 均应采用荷载设计值; 变形、抗裂及裂缝宽度验算, 均应采用相应的荷载代表值。

预制构件尚应按制作、运输及安装时的荷载设计值进行施工阶段的验算。预制构件本身吊装的验算, 应将构件自重乘以动力系数, 动力系数一般情况下取 1.5, 但根据构件吊装时受力情况, 可适当增减。

对现浇结构, 必要时应进行施工阶段的验算。

当结构构件进行抗震设计时, 荷载设计值和地震作用设计值均应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GBJ11 的规定采用。

4.1.4 纵向受力钢筋的配筋百分率小于本规程第 7.1.10 条规定时, 钢筋轻骨料混凝土和预应力轻骨料混凝土结构构件, 应按轻

过允许值。

4.1.7 钢筋轻骨料混凝土和预应力轻骨料混凝土结构构件的裂缝控制等级、轻骨料混凝土抗拉强度限制系数 α_{ct} 及最大裂缝宽度允许值,应根据结构构件的工作条件和钢筋种类按表4.1.7采用。对裂缝控制有特殊要求的构件,表4.1.7规定的数值应适当减小;当有可靠的工程经验时,对预应力轻骨料混凝土构件的抗裂要求可适当放宽。

表 4.1.7 裂缝控制等级、轻骨料混凝土抗拉强度限制系数及最大裂缝宽度允许值

结构构件 工作条件	钢筋种类	钢筋轻骨料 混凝土结构	预应力轻骨料混凝土结构	
		I级钢筋 II级钢筋 III级钢筋 冷扎带肋钢筋	冷拉 I 级钢筋 冷拉 II 级钢筋 冷拉 III 级钢筋 冷拉带肋钢筋	碳素钢丝 刻痕钢丝 钢绞线 热处理钢筋 冷扎带肋钢筋 冷拔低碳钢丝
室内正 常环境	一般构件	三级 0.3mm (0.4mm)	三级 0.2mm	二级 $\alpha_{ct}=0.5$
	屋面梁、托梁	三级 0.3mm	二级 $\alpha_{ct}=1.0$	二级 $\alpha_{ct}=0.5$
	屋架、托架	三级 0.2mm	二级 $\alpha_{ct}=0.5$	二级 $\alpha_{ct}=0.3$
	露天或室内 高温环境	三级 0.2mm	二级 $\alpha_{ct}=0.5$	一级

注: 1. 属于露天或室内高温环境一栏的构件系指: 直接受雨淋的构件; 无围护结构的房屋中经常受雨淋的构件; 经常受蒸汽或凝结水作用的室内构件(如浴室等); 与土壤直接接触的构件;
2. 对处于年平均相对湿度小于60%的地区,且可变荷载标准值与恒载标准值之比大于0.5的受弯构件,其最大裂缝宽度允许值可采用括号内的数字;
3. 对配置冷扎带肋钢筋和冷拔低碳钢丝的预应力轻骨料混凝土一般构件及屋面梁,其裂缝控制要求应符合专门规程的有关规定;
4. 烟囱、筒仓及处于液体压力下的构件,其裂缝控制要求应符合现行专门规程的有关规定;
5. 表中预应力轻骨料混凝土抗拉强度限制系数及最大裂缝宽度允许值仅适用于正截面的验算,斜截面的验算应符合本规程第6章的规定。

骨料混凝土结构构件考虑,并按本规程附录A的规定进行计算。

4.1.5 受弯构件的最大挠度应按荷载的短期效应组合并考虑长期效应组合的影响进行计算,其计算值不应超过表4.1.5的允许值。

表 4.1.5 受弯构件的挠度允许值

构件类型	挠度允许值
屋盖、楼盖及楼梯构件: 当 $l_0 \leq 7m$ 时 当 $7 \leq l_0 \leq 9m$ 时 当 $l_0 > 9m$ 时	$l_0/200$ ($l_0/250$) $l_0/250$ ($l_0/300$) $l_0/300$ ($l_0/400$)
悬挂墙板 (按平面外计算): 当 $l_0 \leq 7.5m$ 时 当 $l_0 > 7.5m$ 时	$l_0/200$ $l_0/250$
悬挂墙板 (按平面内计算): 当 $l_0 \leq 7.5m$ 时 当 $l_0 > 7.5m$ 时	$l_0/600$ $l_0/800$

注: 1. 如果构件制作时预先起拱,且使用上也允许,则在验算挠度时,可将计算所得的挠度值减去起拱值,预应力轻骨料混凝土构件尚可减去预加应力所产生的反拱值;
2. 表中括号中的数值适用于在使用上对挠度有较高要求的构件;
3. 悬臂构件的挠度允许值应按表中相应数值乘以系数2.0取用;
4. l_0 为计算跨度。

4.1.6 结构构件设计时,应根据使用要求选用不同的裂缝控制等级,裂缝控制等级的划分应符合下列规定:

- 一级——严格要求不出现裂缝的构件,按荷载短期效应组合进行计算时,构件受拉边缘轻骨料混凝土不应产生拉应力;
- 二级——一般要求不出现裂缝的构件,按荷载长期效应组合进行计算时,构件受拉边缘轻骨料混凝土不应产生拉应力,而按荷载短期效应组合进行计算时,构件受拉边缘轻骨料混凝土允许产生拉应力,但拉应力不应超过 $\alpha_{ct} \gamma f_{tk}$;
- 三级——允许出现裂缝的构件,最大裂缝宽度按荷载的短期效应组合并考虑长期效应组合的影响进行计算,其计算值不应超过

4.2 预应力轻骨料混凝土结构构件计算规定

4.2.1 预应力轻骨料混凝土构件除应根据使用条件进行承载力计算及变形、抗裂、裂缝宽度和应力验算外,尚应按具体情况对制作、运输、吊装等施工阶段进行验算。

4.2.2 预应力钢筋的张拉控制应力值 σ_{con} , 不宜超过表 4.2.2 的数值。

表 4.2.2 张拉控制应力允许值

钢 种	张 拉 方 法	
	先 张 法	后 张 法
碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线	$0.75f_{\text{ptk}}$	$0.70f_{\text{ptk}}$
热处理钢筋、冷轧带肋钢筋、冷拔低碳钢丝	$0.70f_{\text{ptk}}$	$0.65f_{\text{ptk}}$
冷拉钢筋	$0.90f_{\text{ptk}}$	$0.85f_{\text{ptk}}$

注: 1. 预应力钢筋的强度标准值应按本规程第 3.2.2 条采用;

2. 碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线、热处理钢筋的张拉控制应力值不应小于 $0.4f_{\text{ptk}}$; 冷轧带肋钢筋、冷拔低碳钢丝的张拉控制应力值不宜小于 $0.4f_{\text{ptk}}$;

冷拉钢筋的张拉控制应力值不宜小于 $0.5f_{\text{ptk}}$ 。

4.2.3 施加预应力时,轻骨料混凝土立方体抗压强度应经计算确定,但不宜低于设计的轻骨料混凝土立方体抗压强度标准值的 75%。

4.2.4 由预加应力产生的轻骨料混凝土法向应力及相应阶段预应力钢筋的应力,可分别按下列公式计算:

(1) 先张法构件

由预加应力产生的轻骨料混凝土法向应力

$$\sigma_{\text{pc}} = \frac{N_{\text{p0}}}{A_0} \pm \frac{N_{\text{p0}}e_{\text{p0}}}{I_0} y_0 \quad (4.2.4-1)$$

相应阶段预应力钢筋的有效预应力

$$\sigma_{\text{pe}} = \sigma_{\text{con}} - \sigma_l - \alpha_E \sigma_{\text{pc}} \quad (4.2.4-2)$$

预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向应力为零时的预应力钢筋应力

$$\sigma_{\text{p0}} = \sigma_{\text{con}} - \sigma_l \quad (4.2.4-3)$$

(2) 后张法构件

由预加应力产生的轻骨料混凝土法向应力

$$\sigma_{\text{pc}} = \frac{N_{\text{p}}}{A_n} \pm \frac{N_{\text{p}}e_{\text{pn}}}{I_n} y_n \quad (4.2.4-4)$$

相应阶段预应力钢筋的有效预应力

$$\sigma_{\text{pe}} = \sigma_{\text{con}} - \sigma_l \quad (4.2.4-5)$$

预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向应力为零时的预应力钢筋应力

$$\sigma_{\text{p0}} = \sigma_{\text{con}} - \sigma_l + \alpha_E \sigma_{\text{pc}} \quad (4.2.4-6)$$

式中

A_0 ——换算截面面积(包括扣除孔道、凹槽等削弱部分以外的轻骨料混凝土全部截面面积以及全部纵向预应力钢筋和非预应力钢筋截面面积换算成轻骨料混凝土的截面面积;对由不同轻骨料混凝土弹性模量等级组成的截面,应根据轻骨料混凝土弹性模量比值换算成同一轻骨料混凝土强度等级的截面面积);

A_n ——净截面面积(换算截面面积减去全部纵向预应力钢筋截面面积换算成轻骨料混凝土的截面面积);

I_0 ——换算截面惯性矩;

I_n ——净截面惯性矩;

e_{p0} ——换算截面重心至预应力钢筋及非预应力钢筋合力点的距离,应按本规程第 4.2.5 条的规定计算;

e_{pn} ——净截面重心至预应力钢筋及非预应力钢筋合力点的距离,应按本规程第 4.2.5 条的规定计算;

y_0 ——换算截面重心至所计算纤维处的距离;

y_n ——净截面重心至所计算纤维处的距离;

σ_l ——相应阶段的预应力损失值,应按本规程第 4.2.6 条至第 4.2.11 条的规定计算;

α_E ——钢筋弹性模量与轻骨料混凝土弹性模量的比值;
 $\alpha_E = E_s/E_c$, 此处, E_s 应按本规程表 3.2.4 取用, E_c

可按本规程表 3.1.6 取用；

N_{p0} ——先张法构件预应力及非预应力钢筋的合力，应按本规程第 4.2.5 条的规定计算；

N_p ——后张法构件预应力及非预应力钢筋的合力，应按本规程第 4.2.5 条的规定计算。

注：在公式 (4.2.4-1)、(4.2.4-4) 中，右边第二项与第一项的应力方向相反同时取正号，相反时取负号。公式 (4.2.4-2)、(4.2.4-6) 适用于 σ_{pe} 为压应力的情况，当 σ_{pe} 为拉应力时，应以负值代入。

4.2.5 预应力钢筋及非预应力钢筋的合力及合力点的偏心距(图 4.2.5) 可按下列公式计算：

(1) 先张法构件

$$N_{p0} = \sigma_{p0} A_p + \sigma'_{p0} A'_p - \sigma_{is} A_s - \sigma'_{is} A'_s \quad (4.2.5-1)$$

$$e_{p0} = \frac{\sigma_{p0} A_p y_p - \sigma'_{p0} A'_p y'_p - \sigma_{is} A_s y_s + \sigma'_{is} A'_s y'_s}{\sigma_{p0} A_p + \sigma'_{p0} A'_p - \sigma_{is} A_s - \sigma'_{is} A'_s} \quad (4.2.5-2)$$

(2) 后张法构件

$$N_p = \sigma_{pe} A_p + \sigma'_{pe} A'_p - \sigma_{is} A_s - \sigma'_{is} A'_s \quad (4.2.5-3)$$

$$e_p = \frac{\sigma_{pe} A_p y_{pn} - \sigma'_{pe} A'_p y'_{pn} - \sigma_{is} A_s y_{sn} + \sigma'_{is} A'_s y'_{sn}}{\sigma_{pe} A_p + \sigma'_{pe} A'_p - \sigma_{is} A_s - \sigma'_{is} A'_s} \quad (4.2.5-4)$$

式中 σ_{p0} ——受拉区预应力钢筋合力点至轻骨料混凝土法向应

力为零时的预应力钢筋应力；

σ'_{p0} ——受压区预应力钢筋合力点至轻骨料混凝土法向应

力为零时的预应力钢筋应力；

σ_{pe} ——受拉区预应力钢筋的有效预应力；

σ'_{pe} ——受压区预应力钢筋的有效预应力；

A_p ——受拉区预应力钢筋的截面面积；

A'_p ——受压区预应力钢筋的截面面积；

A_s ——受拉区非预应力钢筋的截面面积；

A'_s ——受压区非预应力钢筋的截面面积；

y_p ——受拉区预应力合力点至换算截面重心的距离；

y'_p ——受压区预应力合力点至换算截面重心的距离；

y_s ——受拉区非预应力钢筋重心至换算截面重心的距离；

y'_s ——受压区非预应力钢筋重心至换算截面重心的距离；

σ_{is} ——受拉区预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土收缩和徐变引起的预应力损失值，应按本规程第 4.2.9 条的规定计算；

σ'_{is} ——受压区预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土收缩和徐变引起的预应力损失值，应按本规程第 4.2.9 条的规定计算；

y_{pn} ——受拉区预应力合力点至净截面重心的距离；

y'_{pn} ——受压区预应力合力点至净截面重心的距离；

y_{sn} ——受拉区非预应力钢筋重心至净截面重心的距离；

y'_{sn} ——受压区非预应力钢筋重心至净截面重心的距离。

注：当公式 (4.2.5-1) 至 (4.2.5-4) 中的 $A'_p = 0$ 时，可取式中 $\sigma'_{is} = 0$ 。

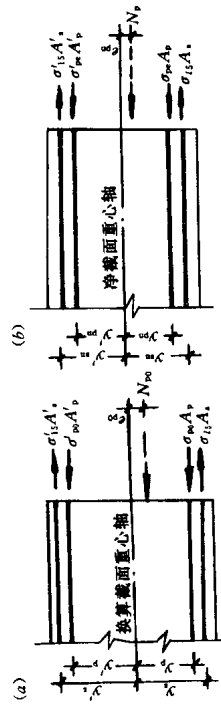


图 4.2.5 预应力钢筋及非预应力钢筋合力位置

(a) 先张法构件；(b) 后张法构件

4.2.6 预应力钢筋中的预应力损失值可按表 4.2.6 的规定计算，当计算求得的预应力总损失值小于下列数值时，则按下列数值取用：

先张法构件	130N/mm ²
后张法构件	110N/mm ²

表 4.2.6 预应力损失值 (N/mm²)

引起损失的因素	符号	先张法构件	后张法构件
张拉锚固具变形和钢筋内缩	σ_1	按本规程第 4.2.7 条的规定计算	按本规程第 4.2.7 条和第 4.2.8 条的规定计算
预应力钢筋与孔道壁之间的摩擦在转向装置处的摩擦	σ_2	—	按本规程第 4.2.8 条的规定计算
按实际情况确定			—
轻骨料混凝土加热养护时, 受张拉的钢筋与承受拉力的设备之间的温差	σ_3	2Δt	—
预应力钢筋的应力松弛	σ_4	冷拉钢筋、热处理钢筋: 一次张拉 0.05σ _{con} 超张拉 0.035σ _{con} 碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线: 普通松弛 $0.4\psi\left(\frac{\sigma_{con}}{f_{ptk}} - 0.5\right)\sigma_{con}$ 此处, 一次张拉 ψ=1, 超张拉 ψ=0.9 低松弛 当 σ _{con} ≤ 0.7f _{ptk} 时 $0.125\left(\frac{\sigma_{con}}{f_{ptk}} - 0.5\right)\sigma_{con}$ 当 0.7f _{ptk} < σ _{con} ≤ 0.8f _{ptk} 时 $0.20\left(\frac{\sigma_{con}}{f_{ptk}} - 0.575\right)\sigma_{con}$ 冷轧带肋钢筋、冷拔低碳钢丝: 一次张拉 0.08σ _{con}	
轻骨料混凝土的收缩和徐变	σ_5	按本规程第 4.2.9 条的规定计算	

注: 1. 表中 Δt 为轻骨料混凝土加热养护时, 受张拉的钢筋与承受拉力的设备之间的温差 (°C);
2. 当取表中超张拉的应力松弛损失值时, 张拉程序应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》GB50204 的要求;
3. 碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线当 σ_{con}/f_{ptk} ≤ 0.5 时, 预应力钢筋的应力松弛损失值应取等于零。

4.2.7 预应力直线钢筋由于锚具变形和钢筋内缩引起的预应力损失 σ₁ (N/mm²) 可按下列公式计算:

$$\sigma_1 = \frac{a}{l} E_s \quad (4.2.7)$$

式中 a——张拉端锚具变形和钢筋内缩值, 应按表 4.2.7 取用;
l——张拉端至锚固端之间的距离 (mm)。

表 4.2.7 锚具变形和钢筋内缩值 a (mm)

锚具类别	a
带横槽的锚具 (包括钢丝束的锥形锚杆锚具、筒式锚具等):	
锥形锚具	1
每块后加垫板的锚具	1
钢丝束的墩头锚具	1
钢丝束的钢制锥形锚具	5
JM12 锚具: 当预应力筋为钢筋时	3
当预应力筋为钢绞线时	5
单根冷轧带肋钢筋和冷拔低碳钢丝的锥形锚具	5

注: 1. 表中的锚具变形和钢筋内缩值也可根据实测数据确定;
2. 其他类型的锚具变形和钢筋内缩值应根据实测数据确定。

4.2.8 后张法构件预应力曲线钢筋由于锚具变形和钢筋内缩引起的预应力损失 σ_{1i} 以及预应力钢筋与孔道壁之间的摩擦引起的预应力损失 σ_{2i}, 可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定采用。

4.2.9 轻骨料混凝土收缩、徐变引起受拉区、受压区预应力钢筋的预应力损失 σ_{5i}、σ_{5s} (N/mm²) 可按下列公式计算:

$$\sigma_{5i} = \alpha_1 \alpha_2 \frac{a + b}{1 + 15\rho} \frac{\sigma_{pc}}{f_{cu}} \quad (4.2.9-1)$$

$$\sigma_{5s} = \alpha_1 \alpha_2 \frac{a + b}{1 + 15\rho'} \frac{\sigma'_{pc}}{f'_{cu}} \quad (4.2.9-2)$$

式中 f_{cu}——施加预应力时的轻骨料混凝土立方体抗压强度;
σ_{pc}——受拉区预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向压应力;
σ_{pc}——受压区预应力钢筋合力点处轻骨料混凝土法向压应力;

表 4.2.10-1 收缩、徐变影响系数 (N/mm²)

施加预应力方式	骨料种类	a	b
先张法	陶粒	80	290
	自燃煤矸石	75	220
	浮石	90	215
后张法	陶粒	60	290
	自燃煤矸石	55	220
	浮石	70	215

表 4.2.10-2 环境温度影响系数

环境温度条件	α_1
干燥条件	1.30
正常条件	1.00
潮湿条件	0.75

表 4.2.10-3 体积表面积比影响系数

体积表面积比 (V/S) (mm)	α_2
≤ 25	1.00
50	0.95
75	0.90
100	0.80
125	0.70
≥ 150	0.60

注: 表中 V 为构件的体积, S 为构件在空气中外露的表面积。

表 4.2.10-4 时间影响系数

混凝土种类	δ	ξ
陶粒混凝土	48	0.60
自燃煤矸石混凝土	32	0.73
浮石混凝土	16	0.86

4.2.11 预应力构件在各阶段的预应力损失值可按表 4.2.11 的规定进行组合。

ρ ——受拉区预应力钢筋和非预应力钢筋的配筋率;
 ρ' ——受压区预应力钢筋和非预应力钢筋的配筋率;
 a ——计算系数, 应按本规程表 4.2.10-1 取用;
 b ——计算系数, 应按本规程表 4.2.10-1 取用;
 α_1 ——环境湿度影响系数, 应按本规程表 4.2.10-2 取用;
 α_2 ——体积表面积比影响系数, 应按本规程表 4.2.10-3 取用。

受拉区、受压区预应力钢筋在各自合力点处轻骨料混凝土法向压应力 σ_{pc} 、 σ'_{pc} 应按本规程第 4.2.4 条和第 4.2.5 条的规定计算。此时, 预应力损失值仅考虑轻骨料混凝土预压前 (第一批) 的损失, 其非预应力钢筋中的应力 σ_{ls} 、 σ'_{ls} 应取等于零, σ_{pc} 、 σ'_{pc} 值不得大于 $0.5f_{cu}$; 当 σ'_{pc} 为拉应力时, 则公式 (4.2.9-2) 中的 σ'_{pc} 应取等于零。计算 σ_{pc} 、 σ'_{pc} 时可根据构件制作情况考虑自重的影响。

受拉区、受压区预应力钢筋和非预应力钢筋的配筋率 ρ 、 ρ' 可按下列情况考虑: 对先张法构件, $\rho = (A_p + A_s) / A_0$, $\rho' = (A'_p + A'_s) / A_0$; 对后张法构件, $\rho = (A_p + A_s) / A_n$, $\rho' = (A'_p + A'_s) / A_n$; 对于对称配置预应力钢筋和非预应力钢筋的构件, 取 $\rho = \rho'$, 此时配筋率应按其钢筋截面面积的一半进行计算。

当构件采用常压蒸养时, σ_{ls} 、 σ'_{ls} 应乘以折减系数 0.85。
 当能预先确定构件承受外荷载的时间时, 可考虑时间对轻骨料混凝土收缩和徐变损失值的影响, 此时, 可将 σ_{ls} 及 σ'_{ls} 乘以不得大于 1 的系数 β , 系数 β 可按下列公式计算:

$$\beta = \frac{j}{\delta + \xi j} \quad (4.2.9-3)$$

式中 j ——结构构件从预加应力时起至承受外荷载的时间 (d);
 δ ——时间影响系数, 应按本规程表 4.2.10-4 采用;
 ξ ——时间影响系数, 应按本规程表 4.2.10-4 采用。

4.2.10 预应力钢筋的预应力损失计算时, 考虑各种因素的计算影响系数, 可按下列各表的规定取用:

表 4.2.11 各阶段预应力损失值的组合

预应力损失值的组合	先张法构件	后张法构件
轻骨料混凝土预压前的损失 (第一批)	$\sigma_{i1} + \sigma_{i2} + \sigma_{i3} + \sigma_{i4}$	$\sigma_{i1} + \sigma_{i2}$
轻骨料混凝土预压后的损失 (第二批)	σ_{i5}	$\sigma_{i4} + \sigma_{i5}$

4.2.12 计算先张法预应力轻骨料混凝土构件端部锚固区的正截面和斜截面受弯承载力时，锚固区内的预应力钢筋抗拉强度设计值可按下列规定取用：

在锚固起点处为零，在锚固终点处为 f_{py} ，在两点之间可按直线内插法取值。

对采用冷拉 I 级、II 级钢筋和冷轧带肋钢筋的先张法构件，其锚固区预应力钢筋的抗拉强度设计值可不折减。

预应力钢筋的锚固长度 l_a 应按表 4.2.12 取用。

表 4.2.12 预应力钢筋锚固长度 (mm)

钢筋类别	轻骨料混凝土强度等级	
	CL30	≥CL40
刻痕钢丝 (φ5)	170d	120d
钢绞线	七股	120d
	三股	100d
冷拔低碳钢丝	130d	100d

注：1. 当采用骤然放松预应力钢筋的施工工艺时，锚固长度的起点应从距构件末端 0.25 l_a 处开始，预应力钢筋的预应力传递长度 l_a 应按表 6.1.5 取用；

2. 表中钢筋强度标准值为：刻痕钢丝 1570N/mm²；钢绞线 1860N/mm²；冷拔低碳钢丝 700N/mm²。当强度标准值为其他数值时，锚固长度按强度比例增减。

4.2.13 预应力轻骨料混凝土构件在制作、运输及安装阶段的验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10 的有关规定。

4.2.14 对先张法和后张法预应力轻骨料混凝土构件，在承载力和裂缝宽度计算中，所用的轻骨料混凝土法向预应力等于零时的

预应力钢筋及非预应力钢筋合力 N_{p0} 及相应的合力点的偏心距 e_{p0} ，均应按本规程公式 (4.2.5-1) 及 (4.2.5-2) 计算，此时，先张法和后张法构件的预应力钢筋的应力 σ_{p0} 、 σ'_{p0} 应按本规程第 4.2.4 条的规定计算。