

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
JIAN SHE
BIAOZHUNGUIFAN
FENLEI HUIBIAN

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 N. 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

冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规范

Specification for Concrete Structures with
Cold-Rolled Ribbed Steel Wires and Bars

JGJ 95—95

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：1995年7月1日

关于发布行业标准《冷轧带肋钢筋
混凝土结构技术规范》的通知

建标 [1995] 57 号

各省、自治区、直辖市建委（建设厅），各计划单列市建委：
根据建设部建标 [1991] 718 号文的要求，由中国建筑科学研究
院负责主编的《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规范》，业经审查，
现批准为行业标准，编号 JGJ 95—95，自 1995 年 7 月 1 日起施行。

本规程由建设部建筑工程技术归口单位中国建筑科学研究
院负责归口管理和具体解释等工作。

本规程由建设部标准定额研究所组织出版。

中华人民共和国建设部

1995 年 2 月 23 日

1 总 则

1.0.1 为了在冷扎带肋钢筋混凝土结构的设计与施工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采用冷扎带肋钢筋混凝土结构的结构和先张法预应力混凝土中、小型结构构件的设计与施工。

对于直接承受动力荷载作用的结构构件,当采用冷扎带肋钢筋作受力主筋时,其设计参数应通过试验确定。

1.0.3 对于冷扎带肋钢筋配筋的钢筋混凝土结构和先张法预应力混凝土结构构件的设计与施工,除执行本规程的规定外,尚应按国家有关的现行标准执行。

2 符号与代号

2.1 作用和作用效应

2.1.1 冷扎带肋钢筋混凝土结构设计时,代表作用和作用效应的符号,应按下列规定采用:

M ——弯矩设计值;

V ——剪力设计值;

N_{p0} ——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;

N_s ——按荷载短期效应组合计算的轴向力值;

M_s ——按荷载短期效应组合计算的弯矩值;

N_l ——按荷载长期效应组合计算的轴向力值;

M_l ——按荷载长期效应组合计算的弯矩值;

σ_{pe} ——由预加应力产生的混凝土法向应力;

σ_{con} ——预应力冷扎带肋钢筋张拉控制应力;

σ_{se} ——荷载短期效应组合下抗裂验算边缘的混凝土法向应力;

σ_{le} ——荷载长期效应组合下抗裂验算边缘的混凝土法向应力;

σ_{p0} ——预应力钢筋合力点处混凝土法向应力为零时的预应力冷扎带肋钢筋应力;

σ_{pe} ——预应力冷扎带肋钢筋的有效预应力;

B_s ——荷载短期效应组合作用下受弯构件的短期刚度;

B_l ——荷载短期效应组合作用下并考虑荷载长期效应组合影响的受弯构件的长期刚度。

2.2 材料性能

2.2.1 冷轧带肋钢筋混凝土结构设计时,代表材料性能的符号与代号,应按下列规定采用:

- E_c ——混凝土弹性模量;
- E_s ——钢筋弹性模量;
- f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值;
- f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值;
- f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值;
- f_{cm} ——混凝土弯曲抗压强度设计值;
- f_{tk} ——冷轧带肋钢筋抗拉强度标准值;
- f_{pk} ——预应力冷轧带肋钢筋抗拉强度标准值;
- f_y ——冷轧带肋钢筋抗拉强度设计值;
- f_y ——冷轧带肋钢筋抗压强度设计值;
- f_{yk} ——预应力冷轧带肋钢筋抗拉强度设计值;
- f'_{yk} ——预应力冷轧带肋钢筋抗压强度设计值;
- δ_{10} ——表示测量标距为10倍直径时钢筋的伸长率;
- δ_{100} ——表示测量标距为100mm时钢筋的伸长率;
- C20——表示立方体抗压强度标准值为20N/mm²的混凝土强度等级。

2.3 几何参数

2.3.1 冷轧带肋钢筋混凝土结构设计时,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 ——受拉区预应力冷轧带肋钢筋合力点至截面近边的距

离;

a'_p ——受压区预应力冷轧带肋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_f ——T形或I形截面受拉区的翼缘宽度;

b'_f ——T形或I形截面受压区的翼缘宽度;

h ——截面高度;

h_0 ——截面有效高度;

h_f ——T形或I形截面受拉区的翼缘高度;

h'_f ——T形或I形截面受压区的翼缘高度;

l_0 ——计算跨度;

l_a ——纵向受拉钢筋的锚固长度;

l_{tr} ——预应力冷轧带肋钢筋的预应力传递长度;

x ——混凝土受压区高度;

A ——构件截面面积;

A_0 ——构件换算截面面积;

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 ——受拉区纵向预应力冷轧带肋钢筋的截面面积;

A'_p ——受压区纵向预应力冷轧带肋钢筋的截面面积;

W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩;

I_0 ——换算截面惯性矩。

2.4 计算系数及其他

2.4.1 冷轧带肋钢筋混凝土结构设计时,代表计算系数及其他的符号,应按下列规定采用:

γ ——受拉区混凝土塑性影响系数;

$\alpha_{s,s}$ ——荷载短期效应组合作用下混凝土拉应力限制系数;

$\alpha_{s,l}$ ——荷载长期效应组合作用下混凝土拉应力限制系数;

ρ_p ——单筋受弯构件中预应力冷轧带肋钢筋的配筋率;
 α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值;
 γ_a ——构件的抗裂检验系数实测值;
 $[\gamma_a]$ ——构件的抗裂检验系数允许值。

3 材 料

3.1 钢 筋

3.1.1 冷轧带肋钢筋是采用普通低碳钢或低合金钢热轧圆盘条为母材,经冷轧或冷拔减径后在其表面冷轧成具有三面或二面月牙形横肋的钢筋。

3.1.2 钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构中的冷轧带肋钢筋,可按下列规定选用:

3.1.2.1 550 级钢筋宜用作钢筋混凝土结构构件中的受力主筋、架立筋、箍筋和构造钢筋。

3.1.2.2 650 级和 800 级钢筋宜用作预应力混凝土结构构件中的受力主筋。

注:550 级、650 级、800 级分别代表抗拉强度标准值为 550N/mm²、650N/mm²、800N/mm²的冷轧带肋钢筋级别。

3.1.3 冷轧带肋钢筋、预应力冷轧带肋钢筋的抗拉强度标准值 f_{tk} 或 f_{ptk} 应按表 3.1.3 采用。

冷轧带肋钢筋及预应力冷轧带肋钢筋的

抗拉强度标准值 (N/mm²)

表 3.1.3

钢筋级别	钢筋直径 (mm)	f_{tk} 或 f_{ptk}
550 级	(4)、5、6、7、8、9、10、12	550
650 级	(4)、5、6	650
800 级	5	800

注:表中括号内的直径,不宜用作受力主筋。

3.1.4 冷轧带肋钢筋、预应力冷轧带肋钢筋的抗拉强度设计值 f_y 或 f_{py} 及抗压强度设计值 f_y 或 f_{py} 应按表 3.1.4 采用。

冷扎带肋钢筋及预应力冷扎带肋钢筋的

强度设计值 (N/mm²) 表 3.1.4

钢筋级别	f_s 或 f_{sy}	f_s 或 f_{sy}
550 级	360	360
650 级	430	380
800 级	530	380

注：①成盘供应的 550 级冷扎带肋钢筋经机械调直后，抗拉强度设计值应降低 20N/mm²，但抗压强度设计值应不大于相应的抗拉强度设计值；

②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应按 310N/mm² 取用。

3.1.5 冷扎带肋钢筋弹性模量 E_s 取 $1.9 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。

3.2 混 凝 土

3.2.1 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C20；预应力混凝土结构构件的混凝土强度等级不宜低于 C25。

注：处于室内高湿度或露天环境的结构构件，其混凝土强度等级不得低于 C30。

3.2.2 混凝土的强度标准值、强度设计值及弹性模量等应按国家现行《混凝土结构设计规范》GBJ 10 的有关规定采用。

4 基本设计规定

4.1 一般规定

4.1.1 冷扎带肋钢筋配筋的混凝土结构设计时，其基本设计规定、承载力极限状态计算、正常使用极限状态验算和构件抗震设计等，除应符合本规程的要求外，尚应符合国家现行《混凝土结构设计规范》GBJ 10 的有关规定。

4.1.2 全部采用冷扎带肋钢筋配筋的混凝土结构的内力计算不宜考虑塑性内力重分布。

4.1.3 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，按荷载短期效应组合进行计算时，构件受拉边缘混凝土允许产生拉应力，但拉应力不应超过 $\alpha_{ct,s} \gamma f_{ct}$ ；按荷载长期效应组合进行计算时，构件受拉边缘允许产生的拉应力不应超过 $\alpha_{ct,l} \gamma f_{ct}$ ，此处， $\alpha_{ct,s}$ 、 $\alpha_{ct,l}$ 分别为荷载短期效应组合、荷载长期效应组合下混凝土拉应力限制系数， γ 为受拉区混凝土塑性影响系数， f_{ct} 为混凝土抗拉强度标准值；

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，其计算值不应超过允许值。

4.1.4 钢筋混凝土和预应力混凝土结构构件的裂缝控制等级、混凝土拉应力限制系数 $\alpha_{ct,s}$ 和 $\alpha_{ct,l}$ 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级别按表 4.1.4 采用。

裂缝控制等级、混凝土拉应力
限制系数及最大裂缝宽度允许值 表 4.1.4

结构构件工作条件	钢筋混凝土结构	
	550 级钢筋	预应力混凝土结构 650 级钢筋、800 级钢筋
室内正常环境	一般构件及屋面板	三级 0.3mm
	屋架	二级 $\alpha_{ct,1} = 0.3$ $\alpha_{ct,1} = 0$
露天或室内高湿度环境	三级 0.2mm	一级

注：① 露天或室内高湿度环境的结构构件系指：无围护结构的房屋中经常受雨淋的构件，经常受蒸汽或冷凝水作用的室内构件；
② 表中预应力结构构件的混凝土拉应力限制系数仅适用于正截面的验算。

4.2 预应力混凝土结构构件

- 4.2.1 预应力冷扎带肋钢筋的张拉控制应力不宜超过 $0.7f_{pk}$ ，且不宜低于 $0.4f_{pk}$ 。
- 4.2.2 放松预应力冷扎带肋钢筋时混凝土的立方体抗压强度不宜低于设计的混凝土立方体抗压强度标准值的 75%。
- 4.2.3 预应力冷扎带肋钢筋中的预应力损失值可按表 4.2.3 的规定计算，当计算求得的预应力总损失值小于 $100N/mm^2$ 时，应取 $100N/mm^2$ 。

预应力损失值 (N/mm²) 表 4.2.3

引起损失的因素	符号	预应力损失值
张拉端夹具变形和钢筋内缩	σ_{l1}	按本规程第 4.2.4 条规定计算
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_{l2}	$2\Delta t$
冷扎带肋钢筋的应力松弛	σ_{l4}	$0.08\sigma_{con}$
混凝土的收缩和徐变	σ_{l5}	按国家现行《混凝土结构设计规范》GBJ 10 的有关规定计算

注：表中 Δt 为混凝土加热养护时，受张拉的冷扎带肋钢筋与承受拉力的设备之间的温差 (°C)。

- 4.2.4 预应力直线冷扎带肋钢筋由于夹具变形和钢筋内缩引起的预应力损失 σ_{l1} (N/mm²) 可按下列公式计算：

$$\sigma_{l1} = \frac{a}{l} E_s \tag{4.2.4}$$

式中 l ——张拉端至锚固端之间的距离 (mm)；
 a ——张拉端夹具变形和钢筋内缩值 (mm)，当张拉端用锥塞式夹具时，钢筋在夹具中的滑移取 5mm 或经试验确定；当钢模外张拉带螺帽的夹具时，螺帽缝隙取 0.5mm。

- 4.2.5 不对称于弯矩作用平面的任意截面(非对称截面或对称截面但弯矩作用平面与截面对称轴斜交)的先张法预应力双向受弯构件，其受弯承载力计算及抗裂验算，可按国家现行《冷拔钢丝预应力混凝土构件设计与施工规程》JGJ 19 的有关规定执行。

- 4.2.6 先张法预应力混凝土构件端部锚固区的正截面和斜截面受弯承载力可不作计算。如需计算可按本规程附录 A 的规定执行。

5 结构构件设计

5.1 正截面承载力计算

5.1.1 结构构件的正截面承载力计算方法的假定应符合国家现行《混凝土结构设计规范》GBJ 10 第四章的有关规定。

5.1.2 受拉冷轧带肋钢筋和受压区混凝土同时达到其强度设计值时的相对界限受压区高度 ξ_b 应符合下列规定：

5.1.2.1 对钢筋混凝土构件：

当 $f_y = 360\text{N/mm}^2$ 时，可取 $\xi_b = 0.368$ ；

当 $f_y = 340\text{N/mm}^2$ 时，可取 $\xi_b = 0.373$ 。

5.1.2.2 对预应力混凝土构件，应按下列公式计算：

$$\xi_b = \frac{502}{1003 + f_{py} - \sigma_{p0}} \quad (5.1.2)$$

式中 ξ_b ——相对界限受压区高度， $\xi_b = x_b/h_0$ ；

x_b ——界限受压区高度；

h_0 ——截面的有效高度；

f_{py} ——纵向预应力钢筋的抗拉强度设计值，应按本规范表

3.1.4 取用；

σ_{p0} ——受拉区纵向预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力钢筋中的应力。

注：在截面受拉区内配置有不同强度级别或不同预应力值的冷轧带肋钢筋的受弯构件，其相对界限受压区高度应分别计算，并取其较小值。

5.1.3 矩形截面或翼缘位于受拉区的 T 形截面受弯构件，其正截面受弯承载力应按下列公式计算（图 5.1.3）：

$$M \leq f_{cm} b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_y A_s' (h_0 - a_s') - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A_p' (h_0 - a_p') \quad (5.1.3-1)$$

混凝土受压区高度按下列公式确定：

$$f_{cm} b x = f_y A_s - f_y A_s' + f_{py} A_p + (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A_p' \quad (5.1.3-2)$$

混凝土受压区的高度尚应符合下列要求：

$$x \leq \xi_b h_0 \quad (5.1.3-3)$$

$$x \geq 2a' \quad (5.1.3-4)$$

式中 M ——弯矩设计值；

f_{cm} ——混凝土弯曲抗压强度设计值；

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；

b ——矩形截面的宽度或 T 形截面的腹板宽度；

h_0 ——截面的有效高度；

a_s' ——受压区纵向非预应力钢筋合力点至受压区边缘的距离；

a_p' ——受压区纵向预应力钢筋合力点至受压区边缘的距离；

a' ——纵向受压钢筋合力点至受压区边缘的距离，当受压区未配置纵向预应力钢筋或受压区纵向预应力钢筋的应力 $(\sigma'_{p0} - f'_{py})$ 为拉应力时，公式 (5.1.3-4) 中的 a' 应用 a_s' 代替。

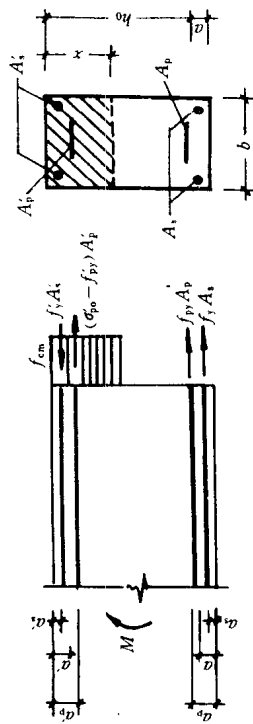


图 5.1.3 矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算

注：钢筋混凝土T形截面受弯构件，当仅配有纵向受拉钢筋时，其钢筋的截面面积可按本规程附录B的规定计算。

5.1.4 翼缘位于受压区的T形截面受弯构件(图5.1.4)，其正截面受弯承载力应按下列情况计算：

5.1.4.1 当符合下列条件时

$$f_y A_s + f_{py} A_{p0} \leq f_{cm} b' h'_f + f_y A'_s - (d'_{p0} - f_{py}) A'_{p0} \quad (5.1.4-1)$$

则按宽度为 b'_f 的矩形截面计算；

5.1.4.2 当不符合公式(5.1.4-1)的条件时，计算中应考虑截面中腹板受压的作用，其正截面受弯承载力应按下列公式计算：

$$M \leq f_{cm} b x (h_0 - \frac{x}{2}) + f_{cm} (b'_f - b) h'_f (h_0 - h'_f / 2) +$$

$$f_y A_s (h_0 - a'_s) - (d'_{p0} - f_{py}) A'_{p0} (h_0 - a'_p) \quad (5.1.4-2)$$

混凝土受压区高度应按下列公式确定：

$$f_{cm} [bx + (b'_f - b) h'_f] = f_y A_s - f_y A'_s + f_{py} A_{p0} + (d'_{p0} - f_{py}) A'_{p0} \quad (5.1.4-3)$$

式中 b'_f ——T形截面受压区的翼缘计算宽度；

h'_f ——T形截面受压区的翼缘高度。

按上述公式计算T形截面受弯构件时，混凝土受压区的高度仍应符合公式(5.1.3-3)、(5.1.3-4)的要求。

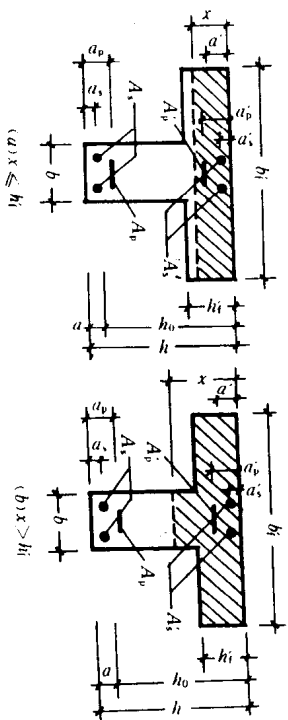


图 5.1.4 T形截面受弯构件受压区高度位置

5.2 斜截面承载力计算

5.2.1 矩形、T形和I形截面的受弯构件，其受剪截面应符合下列条件：

当 $\frac{h_w}{b} \leq 4$ 时

$$V \leq 0.25 f_c b h_0 \quad (5.2.1-1)$$

当 $\frac{h_w}{b} \geq 6$ 时

$$V \leq 0.2 f_c b h_0 \quad (5.2.1-2)$$

当 $4 < \frac{h_w}{b} < 6$ 时，按直线内插法取用。

式中 V ——剪力设计值；

b ——矩形截面的宽度，T形截面或I形截面的腹板宽度；

h_w ——截面的腹板高度；矩形截面取有效高度 h_0 ，T形截面取有效高度减去翼缘高度，I形截面取腹板净高。

5.2.2 矩形、T形和I形截面的一般受弯构件，当仅配有箍筋时，其斜截面的受剪承载力应按下列公式计算：

$$V \leq 0.07 f_c b h_0 + 1.5 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + 0.05 N_{p0} \quad (5.2.2-1)$$

式中 V ——构件斜截面上的最大剪力设计值；

A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积， $A_{sv} = n A_{sv1}$ ，此处， n 为同一个截面内箍筋的肢数， A_{sv1} 为单肢箍筋的截面面积；

s ——沿构件长度方向上箍筋的间距；

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值，其取值不应大于 310 N/mm^2 ；

N_{p0} ——计算截面上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的合力；当 $N_{p0} > 0.3 f_c A_0$ 时，取 $N_{p0} = 0.3 f_c A_0$ ；在计算 N_{p0} 时，应按本规程附录A的规定考虑预应力传递长度的影响。

对集中荷载作用下的矩形截面独立梁(包括作用多种荷载，且集中荷载对支座截面所产生的剪力值占总剪力值的75%以上的

情况), 则应按下列公式计算:

$$V = \frac{0.2}{\lambda + 1.5} f_c b h_0 + 1.25 f_{ty} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + 0.05 N_{p0} \quad (5.2.2-2)$$

式中 λ ——计算截面的剪跨比, 可取 $\lambda = a/h_0$, a 为计算截面至支座截面的距离, 计算截面取集中荷载作用点处的截面; 当 $\lambda < 1.4$ 时, 取 $\lambda = 1.4$, 当 $\lambda > 3$ 时, 取 $\lambda = 3$; 计算截面至支座之间的箍筋, 应均匀配置。

5.2.3 符合下列要求的构件可不进行斜截面的受剪承载力计算, 而仅需根据本规程第 5.7.12 条和第 5.7.13 条的规定, 按构造要求配置箍筋:

5.2.3.1 矩形、T 形和 I 形截面的一般受弯构件, 当符合下列公式要求时:

$$V \leq 0.07 f_c b h_0 + 0.05 N_{p0} \quad (5.2.3-1)$$

5.2.3.2 符合本规程第 5.2.2 条规定的集中荷载作用下的矩形截面独立梁, 当符合下列公式要求时:

$$V \leq \frac{0.2}{\lambda + 1.5} f_c b h_0 + 0.05 N_{p0} \quad (5.2.3-2)$$

5.3 抗裂验算

5.3.1 对预应力混凝土构件, 当处于室内正常环境时, 一般要求构件不出现裂缝, 其裂缝控制等级属于二级; 当处于露天或室内高湿度环境时, 严格要求构件不出现裂缝, 其裂缝控制等级属于一级。

预应力混凝土构件应分别按下列规定进行正截面抗裂验算:

- (1) 严格要求不出现裂缝的构件
在荷载短期效应组合作用下, 应符合下列要求:
$$\sigma_{sk} - \sigma_{pk} \leq 0 \quad (5.3.1-1)$$
 - (2) 一般要求不出现裂缝的构件
在荷载短期效应组合作用下, 应符合下列要求:
$$\sigma_{sk} - \sigma_{pk} \leq \alpha_{cr} \gamma f_{tk} \quad (5.3.1-2)$$
- 在荷载长期效应组合作用下, 应符合下列要求:

$$\sigma_{sk} - \sigma_{pk} \leq \alpha_{cr} \gamma f_{tk} \quad (5.3.1-3)$$

式中 σ_{sk} ——荷载短期效应组合下抗裂验算边缘的混凝土法向应力, 应按本规程第 5.3.2 条计算;

σ_{sk} ——荷载长期效应组合下抗裂验算边缘的混凝土法向应力, 应按本规程第 5.3.2 条计算;

σ_{pk} ——扣除全部预应力损失后在抗裂验算边缘混凝土的预压应力, 应按国家现行《混凝土结构设计规范》GBJ 10 的规定采用; 当为双向受弯时, 可按国家现行《冷拔钢丝预应力混凝土构件设计与施工规程》JGJ 19 的规定计算;

α_{cr} ——荷载短期效应组合下混凝土拉应力限制系数, 应按本规程表 4.1.4 取用;

α_{cr} ——荷载长期效应组合下混凝土拉应力限制系数, 应按本规程表 4.1.4 取用;

γ ——受拉区混凝土塑性影响系数;

f_{tk} ——混凝土抗拉强度标准值。

5.3.2 在荷载短期效应组合及长期效应组合作用下的抗裂验算边缘的混凝土法向应力, 应按下列公式计算:

(1) 轴心受拉构件

$$\sigma_{sk} = \frac{N_s}{A_0} \quad (5.3.2-1)$$

$$\sigma_{sk} = \frac{N_l}{A_0} \quad (5.3.2-2)$$

(2) 受弯构件

$$\sigma_{sk} = \frac{M_s}{W_0} \quad (5.3.2-3)$$

$$\sigma_{sk} = \frac{M_l}{W_0} \quad (5.3.2-4)$$

(3) 偏心受拉和偏心受压构件

$$\sigma_{sk} = \frac{M_s}{W_0} \pm \frac{N_s}{A_0} \quad (5.3.2-5)$$

$$\sigma_{\text{e}} = \frac{M_1}{W_0} \pm \frac{N_1}{A_0} \quad (5.3.2-6)$$

(4) 双向受弯构件

σ_{e} 和 σ_{le} 的计算可按国家现行《冷拔钢丝预应力混凝土构件设计与施工规程》JGJ 19 的规定采用。

在公式 (5.3.2-5) 和 (5.3.2-6) 中, 等式右边第二项当轴向力为拉力时取正号, 压力时取负号。

式中 N_1 ——按荷载短期效应组合计算的轴向力值;

M_1 ——按荷载短期效应组合计算的弯矩值;

N_1 ——按荷载长期效应组合计算的轴向力值;

M_1 ——按荷载长期效应组合计算的弯矩值;

A_0 ——构件换算截面面积;

W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩。

5.3.3 预应力混凝土受弯构件的斜截面抗裂验算应符合国家现行《混凝土结构设计规范》GBJ 10 的规定。

5.3.4 对先张法预应力构件端部区段进行正截面和斜截面抗裂验算时, 可不考虑预应力钢筋在其预应力传递长度 l_{tr} 范围内实际应力值的变化。如需考虑时, 可按本规程附录 A 的规定采用。

5.4 裂缝宽度验算

5.4.1 钢筋混凝土构件应验算裂缝宽度, 按荷载的短期效应组合并考虑长期效应组合影响所求得的最大裂缝宽度 w_{max} , 不应超过本规程表 4.1.4 规定的允许值。

对在室内正常环境下的钢筋混凝土受弯构件, 当混凝土强度等级不低于 C20、钢筋直径不大于 10mm 且混凝土保护层厚度不大于 25mm 时, 可不作最大裂缝宽度验算。

5.4.2 在矩形、T 形、倒 T 形和 I 形截面的钢筋混凝土受弯构件中, 考虑裂缝宽度分布的不均匀性和荷载长期效应组合的影响, 其最大裂缝宽度 w_{max} (mm) 可按下列公式计算:

$$w_{\text{max}} = 1.34\psi \frac{\sigma_{\text{ss}}}{E_s} \left(2.7c + 0.1 \frac{d}{\rho_{\text{te}}} \right) \quad (5.4.2-1)$$

$$\psi = \alpha - \frac{0.65f_{\text{tk}}}{\rho_{\text{te}}\sigma_{\text{ss}}} \quad (5.4.2-2)$$

$$\sigma_{\text{ss}} = \frac{M_{\text{s}}}{0.87A_s h_0} \quad (5.4.2-3)$$

式中 ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数; 当 $\psi < 0.1$ 时, 取 $\psi = 0.1$, 当 $\psi > 1.0$ 时, 取 $\psi = 1.0$;

α ——系数, 对一般钢筋混凝土梁取 $\alpha = 1.1$, 对板类构件取 $\alpha = 1.05$;

ρ_{te} ——按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率, $\rho_{\text{te}} = A_s / A_{\text{te}}$, 其中 $A_{\text{te}} = 0.5bh + (b_1 - b)h_1$, 当 $\rho_{\text{te}} < 0.01$ 时, 取 $\rho_{\text{te}} = 0.01$;

σ_{ss} ——按荷载短期效应组合计算的钢筋混凝土构件纵向受拉钢筋的应力;

c ——最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离 (mm), 当 $c \leq 20$ 时, 取 $c = 20$;

d ——钢筋直径 (mm); 当用不同直径的钢筋时, 公式 (5.4.2-1) 中的 d 改用换算直径 $4A_s/u$, 此处 u 为纵向受拉钢筋截面总周长。

5.5 受弯构件挠度验算

5.5.1 钢筋混凝土和预应力混凝土受弯构件的挠度应按荷载短期效应组合并考虑荷载长期效应组合影响的长期刚度 B_t 进行计算, 所求得的挠度计算值不应超过本规程表 5.5.1 的允许值。

表 5.5.1 受弯构件的允许挠度

屋盖、楼盖及楼梯构件	允许挠度 (以计算跨度 l_0 计)
当 $l_0 \leq 7\text{m}$ 时	$l_0/200$ ($l_0/250$)
当 $7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$ 时	$l_0/250$ ($l_0/300$)
当 $l_0 > 9\text{m}$ 时	$l_0/300$ ($l_0/400$)

注：①表中括号内的数值适用于在使用上对挠度有较高要求的构件；

②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，预应力受弯构件尚可减去预加应力所产生的反拱值；

③悬臂构件的允许挠度值按表中相应数值乘以系数2.0取用。

当钢筋混凝土受弯构件的截面高度 h 符合本规程附录C的要求时，可不进行挠度验算。

5.5.2 矩形、T形、倒T形和I形截面受弯构件的长期刚度，可按下列公式计算：

$$B_t = \frac{M_s}{M_s(\theta - 1) + M_o} B_o \quad (5.5.2)$$

式中 M_o ——按荷载长期效应组合计算的弯矩值；

B_o ——荷载短期效应组合作用下受弯构件的短期刚度，应按本规程第5.5.3条的公式计算；

θ ——考虑荷载长期效应组合对刚度增大的影响系数，应按国家现行《混凝土结构设计规范》GBJ 10的规定采用。

5.5.3 荷载短期效应组合作用下受弯构件的短期刚度，可按下列公式计算：

$$(1) \text{ 预应力混凝土受弯构件} \quad B_s = 0.85 E_c I_o \quad (5.5.3-1)$$

$$(2) \text{ 钢筋混凝土受弯构件} \quad B_s = \frac{E_s A_s h_o^3}{1.15\psi + 0.2 + \frac{6\alpha_E \rho}{1 + 3.5\psi'}} \quad (5.5.3-2)$$

式中 I_o ——换算截面惯性矩；

ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数，按公式(5.4.2-2)计算；

ρ ——纵向受拉钢筋配筋率， $\rho = A_s / b h_o$ ；

α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值；

E_s ——冷扎带肋钢筋的弹性模量；

ψ' ——受压翼缘面积与腹板有效面积之比；

$$\psi' = \frac{(b'_f - b)h'_f}{b h_o}$$

其中， b'_f 、 h'_f 分别为受压区翼缘的宽度、高度，当 $h'_f > 0.2 h_o$ 时，取 $h'_f = 0.2 h_o$ 。

5.5.4 预应力受弯构件由于预加应力产生的反拱值，可根据下列规定用结构力学方法进行计算：

预加应力阶段的反拱值，可按刚度 $E_c I_o$ 计算，此时预应力钢筋的应力应扣除混凝土预压前（第一批）的损失；使用阶段的反拱值可按刚度 $E_c I_o$ 计算求得的反拱值乘以长期挠度增大影响系数2.0，在计算中，预应力钢筋的应力应扣除全部预应力损失。

注：对恒载较小的构件，应考虑反拱过大时对上使用上的不利影响。

5.6 施工阶段验算

5.6.1 对制作、运输及安装等施工阶段不允许出现裂缝的构件，在预加应力、自重及施工荷载作用下（必要时应考虑动力系数）截面边缘的混凝土法向拉应力 σ_{tc} 或法向压应力 σ_{cc} 应符合国家现行《混凝土结构设计规范》GBJ 10的规定。

5.7 构造规定

5.7.1 受力钢筋的混凝土保护层最小厚度（从钢筋的外边缘算起）应符合表5.7.1的规定。

环境条件	构件类别	混凝土保护层最小厚度 (mm)		混凝土强度等级
		C20	C25~C35	
室内正常环境	板			15
	梁			25
露天或室内高湿度环境	板	35	25	15
	梁	45	35	25

- 注：①对构件的次要部位（如肋形板的板面），其受拉钢筋的保护层厚度可适当减少，但不应小于10mm；
- ②要求使用年限较长的重要建筑物，当处于露天或室内高湿度环境时，其保护层厚度应适当增加；
- ③处于室内高湿度或露天环境的构件，当表面有水泥砂浆抹面层且质量确有保证时，保护层厚度可按表中室内正常环境的数值采用；
- ④预制钢筋混凝土受弯构件，钢筋端头的保护层厚度宜为10mm；
- ⑤有防火要求的建筑物，其保护层厚度尚应符合国家现行有关防火规范的规定。

5.7.2 在钢筋混凝土结构构件中，当计算中充分利用纵向受拉钢筋强度时，其锚固长度 l_a 不应小于表5.7.2规定的数值。

纵向受拉热轧带肋钢筋最小锚固长度 l_a (mm) 表 5.7.2

钢筋级别	混凝土强度等级		
	C20	C25	≥C30
550级	40d	35d	30d

注：①d为钢筋直径 (mm)；

②两根并筋的锚固长度应按表中数值乘以系数1.4后取用。

5.7.3 在构件中配置的冷轧带肋钢筋，宜采用单根分散配筋方式；当配筋数量较多且直径不大于8mm时，亦可采用两根并筋配筋。

5.7.4 预应力单筋受弯构件中纵向受拉钢筋的配筋率应符合下列式要求：

$$\rho_p \geq \frac{\alpha_0 f_{tk}}{1.05 f_{py} - \beta_0 \sigma_{p0}} \quad (5.7.4-1)$$

换算截面的几何特征系数 α_0 、 β_0 ，分别按下式计算：

$$\alpha_0 = \frac{\gamma W_0}{bh_0^2} \quad (5.7.4-2)$$

$$\beta_0 = \frac{W_0/A_0 + e_{p0}}{h_0} \quad (5.7.4-3)$$

式中 ρ_p ——预应力单筋受弯构件的纵向受拉预应力钢筋配筋率，取 $\rho_p = A_p/bh_0$ ；

b ——矩形截面宽度或T形和I形截面受压区翼缘宽度；

W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩；

A_0 ——换算截面面积；

γ ——受拉区混凝土塑性影响系数；

e_{p0} ——预应力钢筋合力点至换算截面重心的偏心距；

f_{py} ——预应力冷轧带肋钢筋抗拉强度设计值；

σ_{p0} ——预应力钢筋合力点处混凝土法向应力为零时的预应力冷轧带肋钢筋应力。

注：对于受拉区同时配有纵向预应力和非预应力钢筋的构件，当验算最小配筋率时，可将纵向非预应力钢筋截面面积折算为预应力钢筋截面面积，此时，应将 $\frac{A_{ns}}{A_0}$ ， $\chi = 1$ 公式中的 ρ_p 和 $\beta_0 \sigma_{p0}$ 项分别改用 ρ_{ps} 和 $\beta_0 \sigma_{p0}$ 代入，此处， $\rho_{ps} = \frac{A_{ps}}{bh_0}$ ， $\chi = \frac{\sigma_{p0} A_p - \sigma_{ps} A_s}{\sigma_{p0} A_{ps}}$ ，其中 $A_{ns} = A_p + f_{py} A_s$ 。

5.7.5 当预应力混凝土受弯构件正截面承载力符合下列条件时： $1.4M \leq M_u$ (5.7.5)

则可不遵守公式(5.7.4-1)的规定。

式中 M ——弯矩设计值；

M_u ——构件的实际正截面受弯承载力设计值。

5.7.6 任意截面预应力轴心受拉构件的预应力钢筋配筋率应符合下列式要求：

$$\rho_p = \frac{f_{tk}}{1.05 f_{py} - \sigma_{p0}} \quad (5.7.6)$$

式中 ρ_p ——轴心受拉构件的预应力钢筋配筋率， $\rho_p = \frac{A_p}{A}$ ；

A_p ——构件截面中全部预应力钢筋截面面积；

A ——构件截面面积。

5.7.7 钢筋混凝土受弯构件中的纵向受力钢筋的配筋百分率，不应小于表5.7.7规定的数值。

钢筋混凝土受弯构件纵向受拉钢筋

最小配筋百分率 (%) 表 5.7.7

构件类型	混凝土强度等级	
	C20~C35	≥C40
受弯构件	0.15	0.20

5.7.13.1 梁中箍筋的最大间距应符合表 5.7.13 的规定。当 $V > 0.07f_c b h_0 + 0.05N_{p0}$ 时, 箍筋的配筋率 ρ_v ($\rho_v = A_{sv}/bs$) 尚不应小于 $0.02f_c/f_{yv}$ 。

5.7.13.2 对截面高度为 800mm 及以下的梁, 其箍筋直径不宜小于 6mm; 对截面高度为 500mm 及以下的梁, 其箍筋直径不宜小于 5mm; 对截面高度为 300mm 及以下的梁, 其箍筋直径不应小于 4mm。

5.7.13.3 当梁中配有计算的非预应力受压钢筋时, 箍筋应制作成封闭式, 其间距不应大于 $15d$ (d 为纵向受压钢筋最小直径)。

5.7.14 预应力混凝土简支梁的搁置长度 l_a 应符合下列要求:

5.7.14.1 当梁高 $h \leq 300\text{mm}$ 时:

$$V \leq 0.07f_c b h_0 + 0.05N_{p0} \quad l_a \geq 60\text{mm};$$

$$V > 0.07f_c b h_0 + 0.05N_{p0} \quad l_a \geq 80\text{mm}。$$

5.7.14.2 当梁高 $h > 300\text{mm}$ 时, 在任何情况下, 其搁置长度 l_a 不应小于 100mm。

5.7.8 钢筋混凝土板采用冷轧带肋钢筋作配筋时, 其受力钢筋的间距: 当板厚 h 不大于 150mm 时, 不应大于 200mm; 当板厚 h 大于 150mm 时, 不应大于 $1.5h$, 且不应大于 300mm。由板中伸入支座的下部钢筋, 其间距不应大于 400mm, 其截面面积不应小于跨中受力钢筋截面面积的三分之一。

冷轧带肋钢筋配筋的空心板, 每个肋中的纵向受力钢筋不宜少于一根。

5.7.9 钢筋混凝土板的下部伸入端支座的纵向受力钢筋, 其锚固长度 l_a 不应小于 $5d$, 当采用焊接网配筋时, 其末端至少应有一根横向钢筋配置在支座边缘内。

5.7.10 对预应力混凝土简支板, 当板厚大于 120mm 时, 宜在构件端部 100mm 范围内设置附加的上部横向钢筋。

5.7.11 预应力混凝土简支板的搁置长度 l_a 应符合下列要求:

当 $h \leq 80\text{mm}$ 时, $l_a \geq 40\text{mm}$;

当 $80\text{mm} < h \leq 160\text{mm}$ 时, $l_a \geq 60\text{mm}$;

当 $160\text{mm} < h \leq 240\text{mm}$ 时, $l_a \geq 80\text{mm}。$

注: h 为板厚。

5.7.12 如按计算不需要配置箍筋的梁, 当截面高度大于 300mm 时, 仍应沿梁全长设置箍筋; 当截面高度为 150~300mm 时, 可仅在构件端部各四分之一跨度范围内设置箍筋, 但当在构件中部二分之一跨度范围内有集中荷载作用时, 则应沿梁全长设置箍筋; 当截面高度为 150mm 以下时, 可不设置箍筋。

5.7.13 梁中箍筋的间距应符合下列要求:

表 5.7.13 梁中箍筋的最大间距 (mm)

梁高 h (mm)	$V > 0.07f_c b h_0 + 0.05N_{p0}$	$V \leq 0.07f_c b h_0 + 0.05N_{p0}$
$150 < h \leq 300$	150	200
$300 < h \leq 500$	200	300
$500 < h \leq 800$	250	350

6 施工工艺

6.1 钢筋的检查验收

6.1.1 冷轧带肋钢筋应符合国家标准《冷轧带肋钢筋》GB 13788 的规定。

6.1.2 650 级和 800 级钢筋应成盘供应,成盘供应的钢筋每盘应由一根组成;550 级钢筋可成盘或成捆供应,直条成捆供应的钢筋每捆应由同一炉罐号组成,且每捆重量不宜大于 500kg。

注:成捆钢筋的长度,可根据工程需要确定。

6.1.3 对进厂(场)的冷轧带肋钢筋应按钢号、级别、规格分别堆放和使用,并应有明显的标志。不得在室外储存。

6.1.4 进厂(场)的冷轧带肋钢筋应按下列规定进行检查和验收:

6.1.4.1 钢筋应成批验收。每批由同一钢号、同一规格和同一级别的钢筋组成,每批不大于 50t。每批钢筋应有出厂质量合格证证明书,每盘或捆均应有标牌。

6.1.4.2 每批抽取 5% (但不少于 5 盘或 5 捆) 进行外形尺寸、表面质量和重量偏差的检查。检查结果应符合本规程附录 D 中表 D.0.1 或表 D.0.2 的要求,如其中有一盘或一捆不合格,则应对该批钢筋逐盘或逐捆检查。

6.1.4.3 钢筋的力学性能和工艺性能应逐盘进行检查,从每盘任一端截去 500mm 以后取二个试样,一个作抗拉强度和伸长率试验,另一个作冷弯试验。检查结果如有一项指标不符合本规程附录 D 中表 D.0.3 的规定,则判该盘钢筋不合格。

6.1.4.4 对成捆供应的 550 级钢筋应逐捆检验,从每捆中同一根钢筋上截取二个试样,一个作抗拉强度和伸长率试验,另一个作冷弯试验。检查结果如有一项指标不符合本规程附录 D 中表

D.0.3 的规定,应从该捆钢筋中取双倍数量的试件进行复验,复验结果如仍有一个试样不合格,则判该捆钢筋不合格。

6.2 钢筋的加工

6.2.1 经调直机调直的钢筋,表面不得有明显擦伤;钢筋调直后,不应有局部曲折,每米长度的弯曲度不应大于 4mm,总弯曲度不大于钢筋总长度的千分之四。

6.2.2 冷轧带肋钢筋末端可不制作弯钩。当钢筋末端需制作 90° 或 135° 弯折时,钢筋的弯曲直径不宜小于钢筋直径的 5 倍。

6.2.3 用冷轧带肋钢筋制作的箍筋,其末端弯钩的弯曲直径应大于受力钢筋直径,且不应小于箍筋直径的 3 倍。

6.2.4 钢筋加工的形状、尺寸应符合设计要求。钢筋加工的允许偏差,应符合表 6.2.4 的规定。

表 6.2.4 钢筋加工的允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸	±10
弯起钢筋的弯折位置	±20

6.3 钢筋骨架的制作与安装

6.3.1 钢筋的绑扎应符合下列规定:

6.3.1.1 钢筋的交叉点应采用铁丝扎牢。

6.3.1.2 板和墙的钢筋网,除靠近外围两行钢筋的相交点全部扎牢外,中间部分的相交点可间隔交错扎牢,但必须保证受力钢筋不位移;双向受力的钢筋,须全部扎牢。

6.3.2 绑扎网和绑扎骨架外形尺寸的允许偏差,应符合表 6.3.2 的规定。

6.3.3 钢筋的绑扎接头应符合下列规定:

6.3.3.1 搭接长度的末端与钢筋弯曲处的距离,不得小于钢筋直径的 10 倍。