

中华人民共和国行业标准

冷轧扭钢筋混凝土构件技术规程

Technical specification for concrete structural element
with cold-rolled and twisted bars

JGJ 115 - 2006

J 530 - 2006

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2006年12月1日

中国建筑工业出版社

2006 北 京

中华人民共和国建设部 公 告

第 463 号

建设部关于发布行业标准 《冷轧扭钢筋混凝土构件技术规程》的公告

现批准《冷轧扭钢筋混凝土构件技术规程》为行业标准，编号为 JGJ 115 - 2006，自 2006 年 12 月 1 日起实施。其中，第 3.2.4、3.2.5、7.1.1、7.3.1、7.3.4、7.4.1、8.1.4、8.2.2 条为强制性条文，必须严格执行。原行业标准《冷轧扭钢筋混凝土构件技术规程》JGJ 115 - 97 同时废止。

本规程由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国建设部
2006 年 7 月 25 日

前 言

根据建设部建标 [1999] 309 号文的要求, 规程编制组在调查和试验研究、认真总结实践经验、参考有关国内外标准、并在广泛征求意见的基础上, 对《冷轧扭钢筋混凝土构件技术规程》JGJ 115-97 进行了修订。

本规程主要技术内容是: 1. 总则; 2. 术语、符号; 3. 材料; 4. 基本设计规定; 5. 承载能力极限状态计算; 6. 正常使用极限状态验算; 7. 构造规定; 8. 冷轧扭钢筋混凝土构件的施工; 9. 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件的施工工艺。

修订的主要内容是: 1. 增加了冷轧扭钢筋Ⅲ型(圆形截面)550级和650级两个新品种; 2. 调整了冷轧扭钢筋Ⅰ、Ⅱ型的强度级别和Ⅱ型的截面规格、尺寸; 3. 增加了Ⅲ型冷轧扭钢筋用于预应力构件时的相关条文; 4. 根据《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002的变更, 对本规程做相应的修改。

本规程由建设部负责管理和对强制性条文的解释, 由主编单位负责具体技术内容的解释。

本规程主编单位: 北京市建筑设计研究院(北京南礼士路62号, 邮编: 100045)

本规程参加单位: 浙江大学宁波理工学院
北京建筑工程学院
北京建筑工程集团六建公司
北京市建筑工程研究院
嘉兴振华机械制造有限公司
邢台市申大建筑设备研究所

本规程主要起草人: 张承起 吴佳雄 周 彬 王世慧
李荣元 李国立 王志民 林红宇
申爱兰

目 次

1	总则	1
2	术语、符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	材料	6
3.1	混凝土	6
3.2	冷轧扭钢筋	6
4	基本设计规定	9
4.1	一般规定	9
4.2	预应力冷轧扭钢筋混凝土构件	10
5	承载力极限状态计算	12
5.1	正截面承载力计算	12
5.2	斜截面承载力计算	15
6	正常使用极限状态验算	18
6.1	裂缝控制验算	18
6.2	受弯构件挠度验算	20
6.3	预应力冷轧扭钢筋混凝土构件施工阶段验算	22
7	构造规定	23
7.1	混凝土保护层	23
7.2	冷轧扭钢筋的锚固	24
7.3	冷轧扭钢筋的接头	24
7.4	冷轧扭钢筋最小配筋率	25
7.5	板	26
7.6	梁	28
8	冷轧扭钢筋混凝土构件的施工	30

8.1 冷轧扭钢筋成品的验收和复检	30
8.2 冷轧扭钢筋混凝土构件的施工	32
9 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件的施工工艺	34
9.1 原材料及设备检验	34
9.2 预应力冷轧扭钢筋的张拉	34
9.3 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件的制作	36
9.4 预应力筋的放松	36
9.5 结构构件性能的检验	37
附录 A 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件端部锚固区计算	38
附录 B I 型冷轧扭钢筋与 HPB235 抗拉 强度设计代换	40
附录 C 冷轧扭钢筋混凝土矩形截面受弯构件 纵向受拉钢筋截面面积计算方法	42
附录 D 冷轧扭钢筋混凝土受弯构件不需作挠 度验算的最大跨高比	44
本规程用词说明	46
条文说明	47

1 总 则

1.0.1 为了在冷轧扭钢筋混凝土构件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建筑及一般构筑物采用冷轧扭钢筋配筋的钢筋混凝土结构和先张法预应力冷轧扭钢筋混凝土中、小型结构构件的设计与施工。

1.0.3 对冷轧扭钢筋配筋的钢筋混凝土结构和先张法预应力冷轧扭钢筋混凝土结构构件的设计与施工，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 冷轧扭钢筋 cold-rolled and twisted bars

低碳钢热轧圆盘条经专用钢筋冷轧扭机调直、冷轧并冷扭（或冷滚）一次成型具有规定截面形式和相应节距的连续螺旋状钢筋（代号 CTB）。

2.1.2 节距 pitch

冷轧扭钢筋截面位置沿钢筋轴线旋转变化〔Ⅰ型为二分之一周期（180°），Ⅱ型为四分之一周期（90°），Ⅲ型为三分之一周期（120°）〕的前进距离。

2.1.3 轧扁厚度 rolled thickness

冷轧扭钢筋成型后，矩形截面较小边尺寸。

2.1.4 标志直径 marked diameter

冷轧扭钢筋加工前原材料（母材）的公称直径（ d ）。

2.1.5 公称横截面面积 nominal sectional area

按冷轧扭钢筋原材料公称直径和规定面缩率计算的平均横截面面积。

2.1.6 预应力冷轧扭钢筋混凝土结构 prestressed concrete of cold-rolled and twisted bars structure

由配置受力的预应力冷轧扭钢筋，通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土结构。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

C20——表示立方体强度标准值为 20N/mm^2 的混凝土强度等级；

E_c ——混凝土弹性模量；

E_s ——冷轧扭钢筋弹性模量；

f_{ck} 、 f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；

f_{ptk} ——预应力冷轧扭钢筋抗拉强度标准值；

f_{py} 、 f'_{py} ——预应力冷轧扭钢筋抗拉、抗压强度设计值；

f_{tk} 、 f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

f'_y ——冷轧扭钢筋抗压强度设计值；

f_{yk} 、 f_y ——冷轧扭钢筋抗拉强度标准值、设计值。

2.2.2 作用和作用效应

M ——弯矩设计值；

M_k 、 M_q ——按荷载效应的标准组合、准永久组合计算的弯矩值；

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；

V ——剪力设计值；

V_{cs} ——构件斜截面上混凝土和箍筋的受剪承载力设计值；

V_p ——由预加力所提高的构件受剪承载力设计值；

σ_{ck} 、 σ_{cq} ——荷载效应的标准组合、准永久组合下抗裂验算边缘的混凝土法向应力；

σ_{con} ——预应力钢筋张拉控制应力；

σ_l 、 σ'_l ——受拉区、受压区预应力钢筋在相应阶段的预应力损失值；

σ_{pc} ——由预加力产生的混凝土法向应力；

σ_{pe} ——预应力钢筋的有效预应力；

σ_{p0} ——预应力合力点处混凝土法向应力为零时的预应力钢筋应力；

w_{max} ——按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响计算的最大裂缝宽度。

2.2.3 几何参数

- A_p 、 A'_p ——受拉区、受压区预应力冷轧扭钢筋的截面面积；
 A_s 、 A'_s ——受拉区、受压区纵向冷轧扭钢筋的截面面积；
 A_{te} ——有效受拉混凝土截面面积；
 B ——受弯构件的截面刚度；
 B_s ——荷载效应的标准组合作用下受弯构件的短期刚度；
 a 、 a' ——纵向受拉钢筋合力点、纵向受压钢筋合力点至截面近边的距离；
 a_1 ——Ⅱ型冷轧扭钢筋的方形边长；
 a_p 、 a'_p ——受拉区纵向预应力钢筋合力点、受压区纵向预应力钢筋合力点至截面近边的距离；
 a_s 、 a'_s ——纵向非预应力受拉钢筋合力点、纵向非预应力受压钢筋合力点至截面近边的距离；
 b ——矩形截面宽度，T形、工形截面的腹板宽度；
 b_f 、 b'_f ——T形或工形截面受拉区、受压区的翼缘宽度；
 c ——混凝土保护层厚度；
 d ——冷轧扭钢筋标志直径，即轧前母材的公称直径；
 d_0 ——冷轧扭钢筋的等效直径；
 d_1 ——Ⅲ型冷轧扭钢筋的外圆直径；
 d_2 ——Ⅲ型冷轧扭钢筋的内圆直径；
 h ——截面高度；
 h_t ——倒T形、工形截面受拉区的翼缘高度；
 h'_f ——T形、工形截面受压区的翼缘高度；
 h_0 ——纵向受拉钢筋合力点至截面受压区边缘的距离；
 h'_0 ——纵向受压钢筋合力点至截面受拉区边缘的距离；
 l_a ——纵向受拉钢筋的锚固长度；
 l_0 ——板、梁的计算跨度；
 l_1 ——冷轧扭钢筋节距；
 t_1 ——Ⅰ型冷轧扭钢筋的轧扁厚度；
 u ——冷轧扭钢筋截面周长；

x ——混凝土受压区高度；
 x_b ——混凝土界限受压区高度；
 ξ_b ——相对界限受压区高度；
 Φ^T ——冷轧扭钢筋符号。

3 材 料

3.1 混 凝 土

3.1.1 混凝土强度等级、强度标准值、强度设计值、弹性模量等，均应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定确定。

3.1.2 冷轧扭钢筋混凝土构件的混凝土强度等级不应低于 C20；处于二、三类环境的结构构件和预应力冷轧扭钢筋混凝土结构构件的混凝土强度等级不应低于 C30。

注：当采用山砂混凝土及高炉矿渣混凝土时，尚应符合专门标准的规定。

3.2 冷 轧 扭 钢 筋

3.2.1 冷轧扭钢筋产品质量应符合现行行业标准《冷轧扭钢筋》JG 190-2006 的规定。

3.2.2 冷轧扭钢筋的规格及截面参数应按表 3.2.2 采用。

表 3.2.2 冷轧扭钢筋规格及截面参数

强度级别	型号	标志直径 d (mm)	公称截面 面积 A_s (mm ²)	等效直径 d_e (mm)	截面周长 u (mm)	理论重量 G (kg/m)
CTB 550	I	6.5	29.50	6.1	23.40	0.232
		8	45.30	7.6	30.00	0.356
		10	68.30	9.3	36.40	0.536
		12	96.14	11.1	43.40	0.755
	II	6.5	29.20	6.1	21.60	0.229
		8	42.30	7.3	26.02	0.332
		10	66.10	9.2	32.52	0.519
		12	92.74	10.9	38.52	0.728
	III	6.5	29.86	6.2	19.48	0.234
		8	45.24	7.6	23.88	0.355
		10	70.69	9.5	29.95	0.555

续表 3.2.2

强度级别	型号	标志直径 d (mm)	公称截面面积 A_s (mm ²)	等效直径 d_0 (mm)	截面周长 u (mm)	理论重量 G (kg/m)
CTB650	预应力Ⅲ	6.5	28.20	6.0	18.82	0.221
		8	42.73	7.4	23.17	0.335
		10	66.76	9.2	28.96	0.524

注：Ⅰ型为矩形截面，Ⅱ型为方形截面，Ⅲ型为圆形截面。

3.2.3 冷轧扭钢筋的外形尺寸应符合表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 冷轧扭钢筋外形尺寸

强度级别	型号	标志直径 d (mm)	截面控制尺寸不小于 (mm)				节距 l_1 不大于 (mm)
			轧扁厚度 t_1	方形边长 a_1	外圆直径 d_1	内圆直径 d_2	
CTB550	Ⅰ	6.5	3.7	—	—	—	75
		8	4.2	—	—	—	95
		10	5.3	—	—	—	110
		12	6.2	—	—	—	150
	Ⅱ	6.5	—	5.4	—	—	30
		8	—	6.5	—	—	40
		10	—	8.1	—	—	50
		12	—	9.6	—	—	80
	Ⅲ	6.5	—	—	6.17	5.67	40
		8	—	—	7.59	7.09	60
		10	—	—	9.49	8.89	70
		12	—	—	11.39	10.69	90
CTB650	预应力Ⅲ	6.5	—	—	6.00	5.50	30
		8	—	—	7.38	6.88	50
		10	—	—	9.22	8.67	70

3.2.4 冷轧扭钢筋强度标准值应按表 3.2.4 采用。

3.2.5 冷轧扭钢筋抗拉（压）强度设计值和弹性模量应按表

3.2.5 采用。

表 3.2.4 冷轧扭钢筋强度标准值 (N/mm^2)

强度级别	型 号	符 号	标志直径 d (mm)	f_{yk} 或 f_{pk}
CTB 550	I	ΦT	6.5、8、10、12	550
	II		6.5、8、10、12	550
	III		6.5、8、10	550
CTB 650	III		6.5、8、10	650

表 3.2.5 冷轧扭钢筋抗拉 (压) 强度设计值和弹性模量 (N/mm^2)

强度级别	型 号	符 号	$f_y(f'_y)$ 或 $f_{ty}(f'_{ty})$	弹性模量 E_s
CTB 550	I	ΦT	360	1.9×10^5
	II		360	1.9×10^5
	III		360	1.9×10^5
CTB 650	III		430	1.9×10^5

4 基本设计规定

4.1 一般规定

4.1.1 本规程采用以概率理论为基础的极限状态设计法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行设计。

4.1.2 冷轧扭钢筋和先张法预应力钢筋混凝土结构构件使用阶段的安全等级宜与整个结构的安全等级相同，且所有构件的安全等级在施工阶段、使用阶段等各个阶段均不得低于三级。

4.1.3 结构按承载能力极限状态计算和按正常使用极限状态验算时，应按国家现行有关标准规定的作用（荷载）对结构的整体进行作用（荷载）效应分析；必要时，尚应对结构中受力状态特殊的部分进行更详细的结构分析。

4.1.4 对正常使用极限状态，结构构件应分别按荷载效应的标准组合并考虑长期作用的影响进行验算。其允许挠度、最大裂缝宽度均应符合本规程表 4.1.4 和表 4.1.6 规定的限值。

表 4.1.4 受弯构件的允许挠度

构件类型	挠度允许值
当 $l_0 < 7\text{m}$ 时	$l_0/200$ ($l_0/250$)
当 $7\text{m} \leq l_0 < 9\text{m}$ 时	$l_0/250$ ($l_0/300$)

注：1 表中 l_0 为计算跨度。

2 表中括号内的数值适用于使用上对挠度有较高要求的构件。

3 计算悬臂构件的挠度限值时，其计算跨度 l_0 按实际悬臂长度的 2 倍取用。

4.1.5 当构件制作时预先起拱，且使用上也允许时，则在验算挠度时，可将计算所得的挠度值减去起拱值；对预应力冷轧扭钢筋混凝土构件，尚可减去预加力所产生的反拱值。

4.1.6 冷轧扭钢筋混凝土构件应根据现行国家标准《混凝土结

构设计规范》GB 50010 规定的环境类别，按表 4.1.6 选用裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值 (w_{lim})。

表 4.1.6 裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值

环境类别	冷轧扭钢筋混凝土构件		预应力冷轧扭钢筋混凝土构件	
	裂缝控制等级	w_{lim} (mm)	裂缝控制等级	w_{lim} (mm)
一	三	0.3 (0.4)	三	0.2
二	三	0.2	二	/
三	三	0.2	一	/

注：1 对处于年平均相对湿度小于 60% 地区一类环境下的受弯构件，其最大裂缝宽度限值可采用括号内的数值。

2 在一类环境下，对预应力混凝土屋面梁、托梁、屋架、屋面板和楼板，应按二级裂缝控制等级进行验算。

3 对处于四、五类环境下的结构构件，其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定。

4.1.7 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。进行构件的吊装验算时，应将构件自重乘以动力系数，动力系数可取 1.5，但根据吊装时的受力情况，动力系数可适当增减。

4.1.8 叠合式受弯构件还应根据施工支撑情况按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 中第 10.6 节的有关规定进行计算。

4.1.9 现浇连续板可考虑塑性内力重分布的分析方法，其内力调幅值不宜大于 15%。

4.2 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件

4.2.1 预应力冷轧扭钢筋的张拉控制应力应符合下列条件：

$$0.4f_{ptk} \leq \sigma_{con} \leq 0.7f_{ptk} \quad (4.2.1)$$

式中 f_{ptk} ——预应力冷轧扭钢筋抗拉强度标准值；

σ_{con} ——预应力冷轧扭钢筋张拉控制应力。

4.2.2 放松预应力冷轧扭钢筋时，混凝土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 预应力冷轧扭钢筋中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 。

表 4.2.3 预应力损失值 (N/mm^2)

引起损失的因素	符 号	先 张 法 构 件
张拉端锚具变形和钢筋内缩	σ_{l1}	按本规程第 4.2.4 条的规定计算
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_{l3}	$2\Delta t$
预应力冷轧扭钢筋的应力松弛	σ_{l4}	$0.08\sigma_{\text{con}}$
混凝土的收缩和徐变	σ_{l5}	按 GB 50010 的有关规定计算

注: 表中 Δt 为混凝土加热养护时, 受张拉的预应力钢筋与承受拉力的设备之间的温差 ($^{\circ}\text{C}$)。

4.2.4 直线型预应力冷轧扭钢筋由于锚具变形和预应力钢筋内缩引起的预应力损失值 σ_{l1} 可按下式计算:

$$\sigma_{l1} = \frac{a}{l} E_s \quad (4.2.4)$$

式中 σ_{l1} ——由于锚具变形和预应力钢筋内缩引起的预应力损失值;

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量取 5mm 或经试验确定; 当钢模外张拉带螺帽夹具时, 螺帽缝隙可取 0.5mm;

l ——张拉端至锚固端之间的距离 (mm);

E_s ——预应力钢筋的弹性模量。

4.2.5 先张法预应力冷轧扭钢筋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 承载力极限状态计算

5.1 正截面承载力计算

5.1.1 正截面承载力计算的基本假定应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

注：本节有关正截面承载力计算均按混凝土强度等级不超过 C50 考虑，当混凝土强度等级超过 C50 时，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算。

5.1.2 受拉冷轧扭钢筋和受压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 应按下列规定采用：

- 1 对钢筋混凝土构件，可取 $\xi_b = 0.370$ 。
- 2 对预应力混凝土构件，应按下列式计算：

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

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，应按本规程表 3.2.5 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扭钢筋的受弯构件，其相对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边的 T 型截面受弯构件，其正截面受弯承载力应符合下列规定（图 5.1.3）：

$$\begin{aligned} M \leqslant & f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_y' A_s' (h_0 - a_s') \\ & - (\sigma_{p0}' - f_{py}') A_p' (h_0 - a_p') \end{aligned} \quad (5.1.3-1)$$

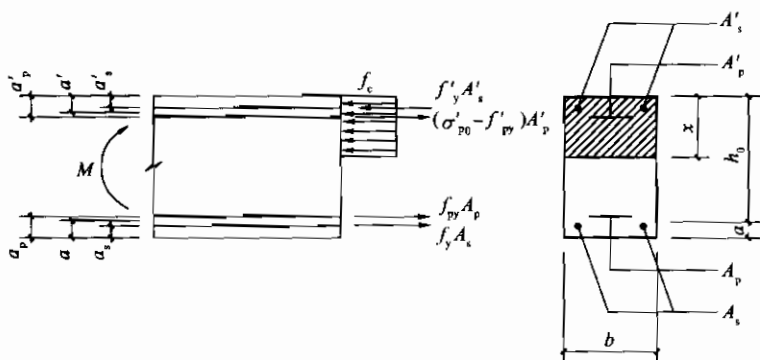


图 5.1.3 矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算

混凝土受压区高度应按下式确定：

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

混凝土受压区高度尚应符合下列条件：

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

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

式中 M ——弯矩设计值；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

A_s 、 A'_s ——受拉区、受压区纵向非预应力钢筋截面面积；

A_p 、 A'_p ——受拉区、受压区纵向预应力钢筋截面面积；

σ'_{p0} ——受压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应力；

b ——矩形截面的宽度或倒 T 形截面的腹板宽度；

f'_{py} ——预应力冷轧扭钢筋抗压强度设计值；

a'_s 、 a'_p ——受压区纵向钢筋合力点、预应力钢筋合力点至截面受压边缘的距离；

a 、 a' ——受拉区、受压区全部纵向钢筋合力点至截面受拉区、受压区边缘的距离。

5.1.4 翼缘位于受压区的 T 形、工形截面受弯构件，其正截面受弯承载力应分别符合下列规定（图 5.1.4）：

1 当满足下列条件时，应按宽度为 b'_f 的矩形梁截面计算：

$$f_y A_s + f_{py} A_p \leq f_c b'_f h'_f + f'_y A'_s - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p \quad (5.1.4-1)$$

2 当不满足公式 (5.1.4-1) 的条件时，应按下列公式计算：

$$\begin{aligned} M \leq & f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_c (b'_f - b) h'_f \left(h_0 - \frac{h'_f}{2} \right) \\ & + f'_y A'_s (h_0 - a'_s) - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p (h_0 - a'_p) \end{aligned} \quad (5.1.4-2)$$

混凝土受压区高度应按下列式确定：

$$\begin{aligned} f_c [b x + (b'_f - b) h'_f] = & f_y A_s - f'_y A'_s + f_{py} A_p \\ & + (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p \end{aligned} \quad (5.1.4-3)$$

式中 b'_f ——T 形、工形截面受压区的翼缘宽度，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 相关条文的规定确定；

h'_f ——T 形、工形截面受压区的翼缘高度。

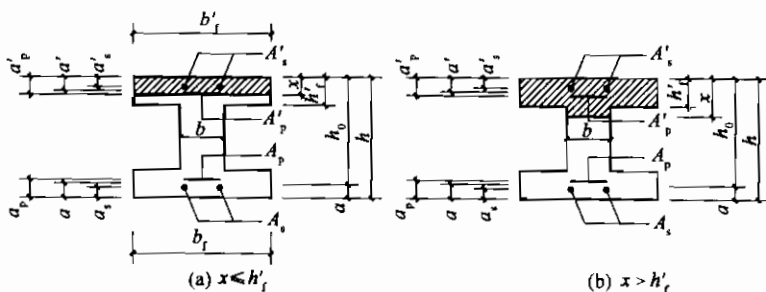


图 5.1.4 工形截面受弯构件受压区高度位置

按上述公式计算 T 形、工形截面受弯构件时，混凝土受压区高度仍应符合本规程公式 (5.1.3-3) 和公式 (5.1.3-4) 的要求。

5.1.5 I 型冷轧扭钢筋与 HPB 235 (I 级) 钢筋抗拉强度设计代换，可按本规程附录 B 进行。

5.1.6 冷轧扭钢筋混凝土矩形截面受弯构件纵向受拉钢筋截面面积的计算方法，可按本规程附录 C 确定。

5.2 斜截面承载力计算

5.2.1 冷轧扭钢筋配筋的混凝土结构构件，其斜截面受弯承载力的计算，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.2.2 矩形、T 形和工形截面的受弯构件，其受剪截面应符合下列条件：

当 $h_w/b \leq 4$ 时：

$$V \leq 0.25 f_c b h_0 \quad (5.2.2-1)$$

当 $h_w/b \geq 6$ 时：

$$V \leq 0.2 f_c b h_0 \quad (5.2.2-2)$$

当 $4 < h_w/b < 6$ 时，按线性内插法确定。

式中 V ——构件斜截面上的最大剪力设计值；

b ——矩形截面宽度、T 形截面或工形截面的腹板宽度；

h_w ——截面的腹板高度；

矩形截面取有效高度；对 T 形截面，取有效高度减去翼缘高度；对工形截面，取腹板净高。

注：1. 对 T 形或工形截面的简支受弯构件，当有实践经验时，公式 (5.2.2-1) 中的系数可改用 0.3。

2. 对受拉边倾斜的构件，当有实践经验时，其受剪截面的控制条件可适当放宽。

5.2.3 不配置箍筋和弯起钢筋的一般板类受弯构件，其斜截面的受剪承载力应按下列公式确定：

$$V \leq 0.7 f_t b h_0 \quad (5.2.3)$$

式中 f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值，应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 表 4.1.4 采用。

5.2.4 矩形、T 形和工形截面的一般受弯构件，当仅配置箍筋

时，其斜截面的受剪承载力应符合下列规定：

$$V \leq V_{cs} + V_p \quad (5.2.4-1)$$

$$V_{cs} = 0.7f_t b h_0 + 1.25f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (5.2.4-2)$$

$$V_p = 0.05N_{p0} \quad (5.2.4-3)$$

式中 V_{cs} ——构件斜截面上的混凝土和箍筋的受剪承载力设计值；

V_p ——由预加力所提高的构件受剪承载力设计值；

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值 ($f_{yv}=300\text{N/mm}^2$)；

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

s ——沿构件长度方向的箍筋间距；

N_{p0} ——计算截面上混凝土法向预应力等于零时的纵向预应力钢筋及非预应力钢筋合力，按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 6.1.14 条计算，当 $N_{p0} > 0.3f_c A_0$ 时，取 $N_{p0} = 0.3f_c A_0$ ，此处， A_0 为构件的换算截面面积。对合力 N_{p0} 引起的截面弯矩与外弯矩方向相同的情况，以及预应力混凝土连续梁和允许出现裂缝的预应力混凝土简支梁，均应取 $V_p = 0$ ；对先张法预应力混凝土构件，在计算合力 N_{p0} 时，应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 6.1.9 条和第 8.1.8 条的规定考虑预应力钢筋传递长度的影响；集中荷载作用下的计算公式，应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 7.5.4 条的规定。

5.2.5 矩形、T 形和工形截面的一般受弯构件，当符合下列公式的要求时，可不进行斜截面的受剪承载力计算，而仅需根据国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 10.2.9、

10.2.10、10.2.11 条的有关规定，按构造要求配置箍筋。

$$V \leqslant 0.7f_tbh_0 + 0.05N_{p0} \quad (5.2.5)$$

5.2.6 矩形、T形和工形截面与受拉边倾斜的矩形、T形和工形截面的受弯构件，其斜截面受剪承载力应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 第 7.5.5 条和第 7.5.8 条的规定计算。

6 正常使用极限状态验算

6.1 裂缝控制验算

6.1.1 冷轧扭钢筋混凝土和预应力冷轧扭钢筋混凝土构件，应根据国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 3.4.1 条和第 8.1.1 条的规定，按所处环境类别和结构类别确定的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值，应进行受拉边缘应力或正截面裂缝宽度验算，并应符合下列要求：

1 一级——严格要求不出现裂缝的构件

在荷载效应的标准组合下应符合下列规定：

$$\sigma_{ck} - \sigma_{pc} \leq 0 \quad (6.1.1-1)$$

2 二级——一般要求不出现裂缝的构件

在荷载效应的标准组合下应符合下列规定：

$$\sigma_{ck} - \sigma_{pc} \leq f_{tk} \quad (6.1.1-2)$$

在荷载效应的准永久组合下宜符合下列规定：

$$\sigma_{cq} - \sigma_{pc} \leq 0.4f_{tk} \quad (6.1.1-3)$$

3 三级——允许出现裂缝的构件

按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响计算的最大裂缝宽度，应符合下列规定：

$$w_{\max} \leq w_{\lim} \quad (6.1.1-4)$$

式中 σ_{ck} 、 σ_{cq} ——荷载效应的标准组合、准永久组合下抗裂验

算边缘的混凝土法向应力，其中 $\sigma_{ck} = \frac{M_k}{W_0}$

$$\sigma_{cq} = \frac{M_q}{W_0};$$

M_k ——按荷载效应的标准组合计算的弯矩值；

M_q ——按荷载效应的准永久组合计算的弯矩；

W_0 ——构件换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩；

σ_{pc} ——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，应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 公式 (6.1.5-1) 或 (6.1.5-4) 计算；

f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值；

w_{max} ——按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响计算的最大裂缝宽度，按本规程第 6.1.2 条计算；

w_{lim} ——最大裂缝宽度限值，应按本规程第 4.1.6 条规定采用。

注：对受弯的预应力混凝土构件，其预拉区在施工阶段出现裂缝的区段，公式 (6.1.1-1) 至公式 (6.1.1-3) 中的 σ_{pc} 应乘以系数 0.9。

6.1.2 在矩形、T 形、倒 T 形和工形截面的冷轧扭钢筋混凝土受弯构件中，考虑裂缝宽度不均匀性并考虑长期作用影响，其最大裂缝宽度 w_{max} (mm) 可按下列公式计算：

$$w_{max} = \alpha_{cr} \psi \frac{\sigma_{sk}}{E_s} \left(1.9c + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{te}} \right) \quad (6.1.2-1)$$

$$\psi = 1.1 - 0.65 \frac{f_{tk}}{\rho_{te} \sigma_{sk}} \quad (6.1.2-2)$$

$$d_{eq} = \frac{\sum n_i d_i^2}{\sum n_i \nu_i d_i} \quad (6.1.2-3)$$

$$\rho_{te} = \frac{A_s + A_p}{A_{te}} \quad (6.1.2-4)$$

式中 α_{cr} ——构件受力特征系数，受弯构件取 2.1；

ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数，当 $\psi < 0.2$ 时，取 $\psi = 0.2$ ，当 $\psi > 1$ 时，取 $\psi = 1$ ；

σ_{sk} ——按荷载效应的标准组合计算的钢筋混凝土构件纵向受拉钢筋的应力或预应力混凝土构件纵向受拉钢筋的等效力，应按国家标准《混凝土结构设

计规范》GB 50010 - 2002 第 8.1.3 条计算；受弯

$$\text{构件应为 } \sigma_{sk} = \frac{M_k}{0.87h_0A_s};$$

E_s ——冷轧扭钢筋弹性模量；

c ——混凝土保护层；最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离 (mm)；当 $c < 20$ 时，取 $c = 20$ ；当 $c > 65$ 时，取 $c = 65$ ；

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；当 $\rho_{te} < 0.01$ 时取 $\rho_{te} = 0.01$ ；

A_{te} ——有效受拉混凝土截面面积；取 $A_{te} = 0.5bh + (b_f - b)h_f$ ，此处， b_f 、 h_f 为受拉翼缘的宽度、高度；

A_s ——受拉区纵向非预应力钢筋截面面积；

A_p ——受拉区纵向预应力钢筋截面面积；

d_{eq} ——受拉区纵向钢筋的等效直径 (mm)；

d_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的等效直径 (mm)，按本规程表 3.2.2 采用；

n_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的根数；

ν_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的相对粘结特性系数，Ⅰ、Ⅱ型冷轧扭钢筋取 0.85，Ⅲ型冷轧扭钢筋取 1.0。

6.1.3 预应力混凝土受弯构件的斜截面抗裂验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

6.1.4 当需对先张法预应力混凝土构件端部区段进行正截面和斜截面抗裂验算时，应考虑预应力钢筋在其预应力传递长度 l_a 范围内实际应力值的变化，可按本规程附录 A 的规定采用。

6.2 受弯构件挠度验算

6.2.1 钢筋混凝土和预应力混凝土受弯构件在正常使用极限状态下的挠度，可根据构件的刚度用结构力学方法计算。

在等截面构件中，可假定各同号弯矩区段内的刚度相等，并

取用该区段内最大弯矩处的刚度。当计算跨度内的支座截面刚度不大于跨中截面刚度的两倍或不小于跨中截面刚度的二分之一时,该跨也可按等刚度构件进行计算,其构件刚度可取跨中最大弯矩截面的刚度。

受弯构件的挠度应按荷载效应的标准组合并考虑荷载长期作用影响的刚度 B 进行计算,所求得的挠度计算值不应超过本规程表 4.1.4 规定的限值。

6.2.2 矩形、T 形、倒 T 形和工形截面受弯构件的刚度 B ,可按下式计算:

$$B = \frac{M_k}{M_q(\theta - 1) + M_k} B_s \quad (6.2.2)$$

式中 M_k ——按荷载效应的标准组合计算的弯矩,取计算区段内的最大弯矩值;

M_q ——按荷载效应的准永久值组合计算的弯矩,取计算区段内的最大弯矩值;

B_s ——荷载效应的标准组合作用下受弯构件的短期刚度,按本规程第 6.2.3 条取用;

θ ——考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数,应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 第 8.2.5 条的规定取用。

6.2.3 在荷载效应的标准组合作用下,受弯构件的短期刚度 B_s 可按下列公式计算:

1 钢筋混凝土受弯构件

$$B_s = \frac{E_s A_s h_0^2}{1.15\psi + 0.2 + \frac{6\alpha_E \rho}{1 + 3.5\gamma'_f}} \quad (6.2.3-1)$$

$$\gamma'_f = \frac{(b'_f - b)h'_f}{bh_0} \quad (6.2.3-2)$$

2 预应力冷轧扭钢筋混凝土受弯构件

$$B_s = 0.85 E_c I_0 \quad (6.2.3-3)$$

式中 I_0 ——换算截面惯性矩；

ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数，按本规程第 6.1.2 条规定；

ρ ——纵向受拉钢筋配筋率， $\rho = \frac{A_s}{bh_0}$ ；

α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值， $\alpha_E = \frac{E_s}{E_c}$ ；

E_s ——冷轧扭钢筋的弹性模量；

E_c ——混凝土弹性模量；

γ'_f ——受压翼缘截面面积与腹板有效截面面积的比值；

b'_f ——受压翼缘的宽度；

h'_f ——受压翼缘的高度；在公式 (6.2.3-2) 中，当 $h'_f > 0.2h_0$ 时，取 $h'_f = 0.2h_0$ 。

6.2.4 预应力冷轧扭钢筋混凝土受弯构件在使用阶段的预加力反拱值，可用结构力学方法按刚度 $E_c I_0$ 进行计算，并应考虑预压应力长期作用的影响，将计算求得的预加力反拱值乘以增大系数 2；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，应考虑反拱过大对使用的不良影响。

6.2.5 冷轧扭钢筋混凝土受弯构件，当符合本规程附录 D 规定的条件时，可不验算挠度。

6.3 预应力冷轧扭钢筋混凝土 构件施工阶段验算

6.3.1 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件在制作、运输和安装等施工阶段预拉区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（压）应力应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定进行验算。

7 构造规定

7.1 混凝土保护层

7.1.1 纵向受力的冷轧扭钢筋及预应力冷轧扭钢筋，其混凝土保护层厚度（钢筋外边缘至最近混凝土表面的距离）不应小于钢筋的公称直径，且应符合表 7.1.1 的规定。

表 7.1.1 纵向受力的冷轧扭钢筋及预应力冷轧扭钢筋的混凝土保护层最小厚度 (mm)

环境类别		构件类别	混凝土强度等级		
			C20	C25~C45	≥C50
—		板、墙	20	15	15
		梁	30	25	25
二	a	板、墙	—	20	20
		梁	—	30	30
	b	板、墙	—	25	20
		梁	—	35	30
三		板、墙	—	30	25
		梁	—	40	35

- 注：1 基础中纵向受力的冷轧扭钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 40mm；当无垫层时不应小于 70mm；
- 2 处于一类环境且由工厂生产的预制构件，当混凝土强度等级不低于 C20 时，其保护层厚度可按表中规定减少 5mm，但预制构件中预应力钢筋的保护层厚度不应小于 15mm，处于二类环境且由工厂生产的预制构件，当表面采取有效保护措施时，保护层厚度可按表中一类环境值取用；
- 3 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。

7.1.2 板中分布钢筋的保护层厚度应符合国家标准《混凝土结

构设计规范》GB 50010-2002 第 9.2.3 条的规定。属于二、三类环境中的悬臂板，其上表面应采取有效的保护措施。

7.1.3 对有防火要求和处于四、五类环境的建筑物，其混凝土保护层厚度尚应符合国家有关标准的要求。

7.2 冷轧扭钢筋的锚固

7.2.1 当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时，冷轧扭受拉钢筋的锚固长度应按表 7.2.1 取用，在任何情况下，纵向受拉钢筋的锚固长度不应小于 200mm。

表 7.2.1 冷轧扭钢筋最小锚固长度 l_a (mm)

钢筋级别	混凝土强度等级				
	C20	C25	C30	C35	$\geq$ C40
CTB550	45d (50d)	40d (45d)	35d (40d)	35d (40d)	30d (35d)
CTB650	—	—	50d	45d	40d

- 注：1 d 为冷轧扭钢筋标志直径；
 2 两根并筋的锚固长度按上表数值乘以 1.4 后取用；
 3 括号内数字用于 II 型冷轧扭钢筋；
 4 预应力钢筋的锚固算起点可按本规程附录 A 确定。

7.3 冷轧扭钢筋的接头

7.3.1 纵向受力冷轧扭钢筋不得采用焊接接头。

7.3.2 纵向受拉冷轧扭钢筋搭接长度 l_l 不应小于最小锚固长度 l_a 的 1.2 倍，且不应小于 300mm。

7.3.3 纵向受拉冷轧扭钢筋不宜在受拉区截断；当必须截断时，接头位置宜设在受力较小处，并相互错开。在规定的搭接长度区段内，有接头的受力钢筋截面面积不应大于总钢筋截面面积的 25%。设置在受压区的接头不受此限。

7.3.4 预制构件的吊环严禁采用冷轧扭钢筋制作。

7.4 冷轧扭钢筋最小配筋率

7.4.1 受弯构件中纵向受力的冷轧扭钢筋的最小配筋百分率不应小于表 7.4.1 规定的数值。

表 7.4.1 纵向受拉冷轧扭钢筋最小配筋百分率 (%)

混凝土强度等级	C20~C35	>C35
配筋百分率	0.20	0.20 和 $45f_t/f$, 较大者

注：矩形截面受弯构件受拉钢筋最小配筋率应按全截面面积计算，T 形构件尚应扣除有受压翼缘的截面面积 $(b'_t - b)h'_t$ 后的截面面积计算。

7.4.2 在钢筋混凝土构件中配置有冷轧扭钢筋，宜采用单根分散式配筋方式；当钢筋间距小于规定要求时，也可采用两根并筋配置。

7.4.3 受弯构件中仅配置纵向受拉预应力冷轧扭钢筋时的配筋率应符合下列公式：

$$\rho_p \geq \frac{\alpha_0 f_{tk}}{1.05 f_{py} - \beta_0 \sigma_{p0}} \quad (7.4.3-1)$$

$$\alpha_0 = \frac{\gamma W_0}{bh_0} \quad (7.4.3-2)$$

$$\beta_0 = \frac{\frac{W_0}{A_0} + e_{p0}}{h_0} \quad (7.4.3-3)$$

式中 ρ_p ——受弯构件的纵向受拉预应力冷轧扭钢筋配筋率，取

$$\rho_p = A_p / bh_0;$$

A_p ——预应力钢筋截面面积；

b ——矩形截面宽度或 T 形、工形截面受压翼缘的宽度；

α_0 、 β_0 ——换算截面几何特征系数；

γ ——受拉区混凝土塑性影响系数，取 $\gamma = 1.4$ ；

W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩；

A_0 ——换算截面面积；

e_{p0} ——预应力冷轧扭钢筋合力作用点到换算截面重心的偏心距。

7.4.4 当预应力混凝土受弯构件正截面承载力符合下列条件时，可不遵守本规程公式 (7.4.3-1) 的规定。

$$1.4M \leq M_u \quad (7.4.4)$$

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。

7.4.5 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式要求：

$$\rho_p \geq \frac{f_{tk}}{1.05f_{py} - \sigma_{p0}} \quad (7.4.5)$$

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 ——构件截面面积。

注：对受拉区同时配有纵向预应力冷轧扭钢筋和非预应力钢筋的构件，当验算最小配筋率时，可将非预应力钢筋的截面面积折算为预应力冷轧扭钢筋的截面面积，此时应将公式

$$\rho_p = \frac{A_p}{bh_0} \text{ 改为 } \rho_{pe} = \frac{A_{pe}}{bh_0} = \frac{A_p + \frac{f_y}{f_{py}} \cdot A_s}{\frac{f_{py}}{f_y} \cdot bh_0}, \text{ 将公式 (7.4.3-1) 中的 } \beta_0 \sigma_{p0} \text{ 改用 } \beta_0 \sigma_{p0} x \text{ 代入。} x = \frac{\sigma_{p0} A_p - \sigma_{ts} A_s}{\sigma_{p0} A_{pe}}, \text{ 其中 } A_{pe} = A_p + \frac{f_y}{f_{py}} A_s。$$

7.5 板

7.5.1 现浇板厚度不应小于国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 表 10.1.1 的规定。

7.5.2 现浇板的计算原则，按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 10.1.2 条计算。

7.5.3 当连续单向板、连续双向板采用分离式配筋时，其配筋方式应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002

第 10.1.3 条规定。

7.5.4 板中受力钢筋的间距；当板厚 $h \leq 150\text{mm}$ 时，不宜大于 200mm ；当板厚 $h > 150\text{mm}$ 时，不宜大于 $1.5h$ ，且不宜大于 250mm 。

7.5.5 简支板或连续板下部纵向受力钢筋伸入支座的锚固长度不应小于 $10d$ 。

7.5.6 对与支承结构整体浇筑或嵌固在承重砌体墙内的现浇混凝土板，及较大跨度相邻简支边的角部板内应沿支承周边配置上部构造钢筋，其直径不宜小于 8mm （标志直径），间距不宜大于 200mm ，并应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 第 10.1.7 条的规定。

7.5.7 当按单向板设计时，除受力方向布置受力钢筋外，尚应在垂直方向配置分布钢筋。单位长度上分布钢筋的截面面积不宜小于单位宽度上受力钢筋截面面积的 15% ，且不宜小于该方向板截面面积的 0.15% ；分布钢筋的间距不宜大于 250mm ，直径不宜小于 6.5mm （标志直径）。

7.5.8 在温度、收缩应力较大的现浇板区域内，其构造配筋可按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 第 10.1.9 条规定设置。

7.5.9 当现浇板的受力钢筋与主梁平行时，与主梁垂直的上部构造钢筋应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 第 10.1.6 条规定设置。

7.5.10 冷轧扭钢筋用于板支座的负弯矩筋，可一端弯成 90° 直角钩，并相互错开布置。

7.5.11 当板中采用Ⅲ型冷轧扭钢筋制作焊接网片时，应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的有关规定。其构造要求当无充分试验依据时，可按冷拔光面钢筋相关规定取用。

7.5.12 冷轧扭钢筋叠合板的构造，可按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 第 10.6 节规定执行。

7.6 梁

7.6.1 梁纵向受力钢筋直径,应符合下列规定:

当梁高 $h < 300\text{mm}$ 时,不应小于 8mm (标志直径);

当梁高 $h \geq 300\text{mm}$ 时,不应小于 10mm (标志直径);

梁上部纵向钢筋水平方向的净距离不应小于 30mm ;

梁下部纵向钢筋水平方向的净距离不应小于 25mm ;

当梁下部纵向钢筋多于两层时,两层以上钢筋水平方向的中距应比下面两层的中距增大一倍。各层钢筋之间的净距离不应小于 25mm 。

7.6.2 简支梁和连续梁简支端的下部纵向受力钢筋,其伸入梁支座范围内的锚固长度 l_{as} 应符合下列规定:

当 $V \leq 0.7f_t b h_0$ 时 $l_{as} \geq 10d$ (标志直径);

当 $V > 0.7f_t b h_0$ 时 $l_{as} \geq 15d$ (标志直径)。

如纵向受力钢筋伸入梁支座范围内的锚固长度不符合上述要求时,应采取有效的锚固措施。

支承在砌体上的钢筋混凝土独立梁,在纵向受力钢筋的锚固长度 l_{as} 范围内应配置不少于两个箍筋。

7.6.3 梁支座截面负弯矩纵向受拉钢筋不宜在受拉区截断。当必须截断时,应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002第 10.2.3 条规定。

7.6.4 悬臂梁受力钢筋设置要求应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 10.2.4 条规定。

7.6.5 梁内受扭纵向钢筋配筋率 ρ_u 及构造应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 10.2.5 条规定。

7.6.6 当梁端实际受到部分约束但按简支计算时,应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 10.2.6 条执行。

7.6.7 梁内构造箍筋的设置,可按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 第 10.2.9 条和 10.2.10 条规定。

7.6.8 梁内架立钢筋的直径:

当梁的跨度小于 4m 时，不宜小于 8mm（标志直径）；

当梁的跨度为 4~6m 时，不宜小于 10mm（标志直径）。

7.6.9 冷轧扭钢筋在搭接接头长度范围内，其箍筋的间距不应大于最小搭接钢筋标志直径 d 的 10 倍，且不应大于 100mm。

7.6.10 计算受弯构件斜截面受剪承载力时，构件中的箍筋和弯起钢筋不宜采用 I 型冷轧扭钢筋制作。II、III 型冷轧扭钢筋用作箍筋时，应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

8 冷轧扭钢筋混凝土构件的施工

8.1 冷轧扭钢筋成品的验收和复检

8.1.1 冷轧扭钢筋的成品规格及检验方法，应符合现行行业标准《冷轧扭钢筋》JG 190-2006 的规定。

8.1.2 冷轧扭钢筋成品应有出厂合格证书或试验合格报告单。进入现场时应分批分规格捆扎，用垫木架空码放，并应采取防雨措施。每捆均应挂牌，注明钢筋的规格、数量、生产日期、生产厂家，并应对挂牌进行核实，分批验收。

8.1.3 冷轧扭钢筋进场后应分批进行复检，检验批应由同一型号、同一强度等级、同一规格、同一台（套）轧机生产的钢筋组成。每批应不大于 20t，不足 20t 应按一批计。

8.1.4 冷轧扭钢筋的力学性能应符合表 8.1.4 的规定。

表 8.1.4 力学性能指标

级 别	型 号	抗拉强度 f_{yk} (N/mm ²)	伸长率 A (%)	180°弯曲 (弯心直径=3d)
CTB550	I	≥550	$A_{11.3} \geq 4.5$	受弯曲部位钢筋表面不得产生裂纹
	II	≥550	$A \geq 10$	
	III	≥550	$A \geq 12$	
CTB650	II	≥650	$A_{100} \geq 4$	

注：1 d 为冷轧扭钢筋标志直径；

2 A 、 $A_{11.3}$ 分别表示以标距 $5.65 \sqrt{S_0}$ 或 $11.3 \sqrt{S_0}$ (S_0 为试样原始截面面积) 的试样拉伸伸长率， A_{100} 表示标距为 100mm 的试样拉伸伸长率。

8.1.5 冷轧扭钢筋成品复检的项目，取样数量应符合表 8.1.5 的规定。

表 8.1.5 检验项目、取样数量

序 号	检验项目	取样数量	备 注
1	外观质量	逐 根	
2	截面控制尺寸	每批三根	
3	节 距	每批三根	
4	定尺长度	每批三根	
5	重 量	每批三根	
6	拉伸试验	每批二根	可采用前 5 项检验合格的相同 试样
7	弯曲试验	每批一根	

8.1.6 冷轧扭钢筋成品加工质量的复检，其测试方法应符合现行行业标准《冷轧扭钢筋》JG 190 - 2006 的规定，其截面参数和外形尺寸应符合本规程 3.2.2 和 3.2.3 条的规定，并应符合下列规定：

1 外观质量：钢筋表面不应有裂纹、折叠、结疤、压痕、机械损伤或其他影响使用的缺陷。采用逐根目测。

2 截面控制尺寸：Ⅰ型、Ⅱ型冷轧扭钢筋截面尺寸的测量，用精度为 0.02mm 的游标卡尺在试样两端量取，并取其算术平均值，Ⅲ型钢筋内、外圆直径的测量用带滑尺的精度为 0.02mm 游标卡尺，量测试样三个不同位置取其算术平均值。

3 节距的量测用精度为 1.0mm 直尺量取不少于 3 个整节距长度，取其平均值。

4 冷轧扭钢筋定尺长度用精度为 1.0mm 钢尺量测，其允许偏差为：

单根长度大于 8m 时为 $\pm 15\text{mm}$ ；

单根长度小于或等于 8m 时为 $\pm 10\text{mm}$ 。

5 冷轧扭钢筋的重量测量用精度为 1.0g 台秤称重，用精度为 1.0mm 钢尺测量其长度，然后计算其重量。计算时钢的密度采用 7850kg/m^3 ，试样长度不应小于 400mm。重量偏差应按下式计算：

$$\Delta G = \frac{G' - LG}{LG} \times 100 \quad (8.1.6)$$

式中 ΔG ——重量偏差，单位为百分比（%）；

G' ——实测试样重量，单位为千克（kg）；

G ——冷轧扭钢筋的公称质量（线密度），单位为千克每米（kg/m）；

L ——实测试样长度，单位为米（m）。

6 冷轧扭钢筋的力学性能，应符合本规程表 8.1.4 的规定。进行力学性能复检时，应从每批冷轧扭钢筋中随机抽取三根样品，先进行外观及截面尺寸的量测，合格后再取两根进行拉伸试验，一根进行冷弯试验。拉伸试验应遵照现行行业标准《冷轧扭钢筋》190-2006 的规定执行。当所有试样均合格时，该批冷轧扭钢筋可定为合格品。当有不合格时，应按现行行业标准《冷轧扭钢筋》JG 190-2006 的规定进行复试和判定。

7 在现场抽检冷轧扭钢筋过程中，发现力学性能有明显异常时，应对原材料的化学成分重新复检。

8.1.7 冷轧扭钢筋应及时在工程中使用，并应在防雨防潮条件下储存。

8.2 冷轧扭钢筋混凝土构件的施工

8.2.1 冷轧扭钢筋混凝土构件的模板工程、混凝土工程，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

8.2.2 严禁采用对冷轧扭钢筋有腐蚀作用的外加剂。

8.2.3 冷轧扭钢筋的铺设应平直，其规格、长度、间距和根数应符合设计要求，并应采取措施控制混凝土保护层厚度。

8.2.4 钢筋网片、骨架应绑扎牢固。双向受力网片每个交叉点均应绑扎；单向受力网片除外边缘网片应逐点绑扎外，中间可隔点交错绑扎。绑扎网片和骨架的外形尺寸允许偏差应符合表 8.2.4 的规定。

表 8.2.4 绑扎网片和绑扎骨架外形尺寸允许偏差 (mm)

项 目	允 许 偏 差
网片的长、宽	±25
网眼尺寸	±15
骨架高、宽	±10
骨架长	±10

8.2.5 叠合薄板构件脱模时混凝土强度等级应达到设计强度的100%。起吊时应先消除吸附力，然后平衡起吊。

8.2.6 预制构件堆放场地应平整坚实，不积水。板类构件可叠层堆放，用于两端支承的垫木应上下对齐。

8.2.7 III型冷轧扭钢筋（CTB550 级）可用于焊接网。

9 预应力冷轧扭钢筋混凝土 构件的施工工艺

9.1 原材料及设备检验

9.1.1 预应力冷轧扭钢筋进场后，应按本规程第 8.1 节进行成品的验收和复检，合格后方可使用。

9.1.2 预应力冷轧扭钢筋用的锚具、夹具在使用前应进行外观检查，其表面应无污物、锈蚀、机械损伤和裂缝。

9.1.3 施加预应力用的各种机具设备仪表应由专人使用，并应定期检查维修和校验。

对长线生产的张拉机，其测力误差不得超过 3%，应每 3 个月校验一次，校验设备的精度不能低于 1 级。

对短线生产的油泵上配套的压力表的精度不得低于 1.5 级。千斤顶和油泵的校验期限不宜超过半年。

9.1.4 当采用镦头锚固时，钢筋镦头的直径不应小于钢筋直径的 1.5 倍，头部不得歪斜和有裂缝，其抗拉强度不得低于钢筋强度标准值的 90%。

9.2 预应力冷轧扭钢筋的张拉

9.2.1 预应力张拉台座的基层必须清洁平整，在基层上应铺隔离层，隔离层可采用细砂及塑料薄膜，也可采用塑料薄膜与滑石粉，或涂机油与滑石粉。

9.2.2 铺放预应力钢筋并张拉。为减小预应力损失和提高构件的抗裂性，可按张拉控制应力限值提高 $0.05f_{ptk}$ 。应保持预应力冷轧扭钢筋的清洁。

9.2.3 长线生产时铺放预应力冷轧扭钢筋，如遇长度不够，可采用钢丝绑扎器绑扎法连接。绑扎长度不得小于 $40d$ 。短线张拉

时，同一构件各钢筋锚头后有效长度偏差不得大于 2mm。

9.2.4 对冷轧扭钢筋，可采用钢筋内力测定仪测定钢筋的实际应力值。构件内总的张拉值与设计规定值比，允许偏差应为 $\pm 5\%$ 。

9.2.5 预应力冷轧扭钢筋张拉实测伸长值，与计算伸长值的允许偏差应为 $\pm 6\%$ 。

9.2.6 实测伸长值应在初应力为张拉控制应力 10%左右开始量测，并加上初应力段的推算弹性伸长值。

9.2.7 当实际伸长值超过规定值时，应暂停张拉，找出原因，采取措施，方可继续张拉。

9.2.8 浇筑混凝土前发生断裂或滑脱的预应力钢筋必须更换。混凝土浇筑后，其断裂或滑脱的预应力钢筋数量不得超过同一构件预应力筋总数的 5%，且严禁相邻两根断裂或滑脱。

9.2.9 预应力冷轧扭钢筋在负温下张拉时，温度不宜低于 -10°C 。

9.2.10 为确保预应力值准确，预应力张拉时与浇筑混凝土时的温差不得超过 20°C ；张拉后应及时浇筑混凝土。

9.2.11 长线生产中预应力冷轧扭钢筋在锚定后的滑移值超过 5mm 时，应重新张拉。

9.2.12 控制应力 σ_{con} 值（或张拉应力值）的检验应符合下列规定：

1 长线台座每一个工作班按构件条数的 10%抽检，且不得少于一条；短线台座张拉每一工作班应按构件数量的 1%抽检，且不得少于一件；

2 检验应在张拉完毕后 1h 进行；

3 在一个构件内全部预应力筋平均值与设计规定值的偏差不应超过 $\pm 0.05\sigma_{\text{con}}$ 。

检测时的预应力设计规定值应在设计图中注明，设计规定值应考虑锚具变形、预应力钢筋回缩和应力松弛等引起的预应力损失，1h 的钢筋松弛损失值可按全部松弛损失值的 40%计算。当

设计没有规定时，可按表 9.2.12 取用。检测张拉力的仪器，其精度不应低于 1 级。

表 9.2.12 预应力值检测时的设计规定值

张 拉 方 法		检测时的设计规定值
长 线 张 拉		$0.94\sigma_{con}$
短线张拉	6m 长度	$0.93\sigma_{con}$
	4m 长度	$0.91\sigma_{con}$

9.3 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件的制作

9.3.1 构件混凝土必须连续浇筑，不得间断，并加强养护，防止在预应力钢筋放松前干缩裂缝。

9.3.2 放松预应力钢筋时，混凝土强度等级应达到或超过设计值的 75%。

9.3.3 在长线台座生产预应力构件采取蒸汽养护时，宜采用两阶段升温，第一阶段最高温度应根据设计规定的允许温差（张拉钢筋时的温度与养护时台座温度之差）经计算确定。当混凝土强度养护至 20.0MPa 以上时可不受设计要求温差的限制，并按一般蒸汽养护进行。

9.4 预应力筋的放松

9.4.1 放松预应力筋时要求对称同步均匀缓慢，防止构件因放松钢筋而受到突然冲击。放松顺序应符合设计要求，当无设计要求时，应符合下列规定：

- 1 应先放松受压区的钢筋，后放松受拉区的钢筋；
- 2 板类构件剪筋应从截面两侧向中间同步对称进行；
- 3 长线台座生产的构件在剪断钢筋时，宜从台座中间向两端进行；
- 4 剪筋时用力平稳，不得施加扭力；
- 5 对用胎膜生产的构件，放松预应力钢筋时应采取防止构

件端部产生裂缝的有效措施，并使构件能自由滑动。

9.4.2 在长线台座上生产的构件，放松预应力钢筋可采用逐根剪断的方法。在短线钢模上生产的构件，放松预应力钢筋，只要将梳丝板上的螺帽旋开，就能逐渐将全部钢筋放松。

9.5 结构构件性能的检验

9.5.1 在预应力冷轧扭钢筋混凝土构件质量检验评定时，构件承载力，构件的挠度检验应符合国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 - 2002 第 9.3.2 条和第 9.3.3 条的规定。

9.5.2 构件的抗裂检验应符合下列公式的要求：

$$\gamma_{cr}^0 \geq [\gamma_{cr}] \quad (9.5.2-1)$$

$$[\gamma_{cr}] = 0.95 \frac{\sigma_{pc} + \gamma f_{tk}}{\sigma_{ck}} \quad (9.5.2-2)$$

式中 γ_{cr}^0 ——构件的抗裂检验系数实测值，即构件开裂荷载实测值与荷载标准值（均包括自重）的比值；

$[\gamma_{cr}]$ ——构件的抗裂检验系数允许值；

σ_{pc} ——由预加力产生的构件抗拉边缘混凝土法向应力值；
应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 第 6.1.5 条规定确定；

γ ——混凝土构件截面抵抗矩塑性影响系数，取 $\gamma = 1.4$ ；

σ_{ck} ——由荷载标准值产生的构件抗拉边缘混凝土法向应力值，应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 第 8.1.4 条规定确定。

附录 A 预应力冷轧扭钢筋混凝土 构件端部锚固区计算

A.0.1 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件端部锚固区承载力计算

当需对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进行计算时，锚固区内的预应力冷轧扭钢筋抗拉强度设计值可按下列规定取用：

1 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插入法取用。

2 预应力冷轧扭钢筋的最小锚固长度 l_a 可按表 A.0.1 取用。

表 A.0.1 预应力冷轧扭钢筋的最小锚固长度 l_a (mm)

钢筋级别	混凝土强度等级		
	C30	C35	$\geq C40$
CTB650	$50d$	$45d$	$40d$

注：1 表中混凝土立方体抗压强度，系预应力放松时的值；

2 当采用骤然放松预应力钢筋的施工工艺时，锚固长度 l_a 的起点应从离构件末端 $0.25l_r$ 开始计算；

3 d 为钢筋标志直径 (mm)。

A.0.2 锚固区的抗裂计算

对预应力冷轧扭钢筋混凝土构件端部区段进行正截面和斜截面抗裂验算时，需考虑预应力钢筋在预应力传递长度 l_r 范围内实际应力值的变化，可按下列规定值取用：

1 在构件的端部取零，在预应力传递长度的末端取有效预应力值 σ_{pe} ，两点之间可按直线内插法取用 (图 A.0.2)。

2 预应力冷轧扭钢筋的预应力传递长度 l_r 可按表 A.0.2 取用。

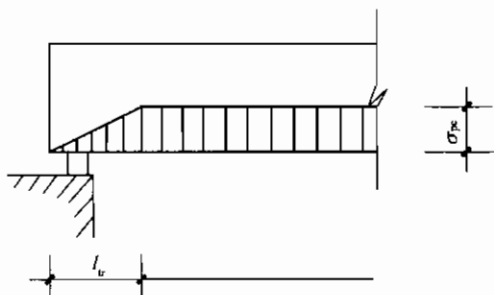


图 A.0.2 预应力冷轧扭钢筋的预应力传递长度 l_{tr} 范围内有效预应力值变化

表 A.0.2 预应力冷轧扭钢筋的预应力传递长度 l_{tr} (mm)

钢筋级别	混凝土强度等级		
	C30	C35	$\geq C40$
CTB650	$50d$	$45d$	$40d$

- 注：1 确定传递长度 l_{tr} 时，表中混凝土强度等级应取用预应力冷轧扭钢筋放松时的混凝土立方体抗压强度；
- 2 当采用骤然放松预应力钢筋的施工工艺时， l_{tr} 的起点应从末端 $0.25l_{tr}$ 处开始计算；
- 3 d 为钢筋标志直径。

附录 B I 型冷轧扭钢筋与 HPB235 抗拉强度设计代换

B.0.1 当结构构件的承载能力采用 I 型冷轧扭钢筋代换 HPB235 时,其截面面积应按下式计算:

$$A_s = 0.583A_1 \quad (\text{B.0.1})$$

式中 A_s ——冷轧扭钢筋截面面积;

A_1 ——HPB235 截面面积。

B.0.2 冷轧扭钢筋与 HPB235 单根抗拉强度设计值可按表 B.0.2 取用。

表 B.0.2 I 型冷轧扭钢筋与 HPB235 单根抗拉强度设计值

HPB235 ϕ			I 型冷轧扭钢筋 ϕ^T		
公称直径 d (mm)	截面面积 A_s (mm ²)	一根钢筋抗拉强度设计值 (kN)	标志直径 d (mm)	截面面积 A_s (mm ²)	一根钢筋抗拉强度设计值 (kN)
8	50.3	10.56	6.5	29.5	10.62
10	78.5	16.49	8	45.3	16.31
12	113.1	23.75	10	68.3	24.59
14	153.9	32.32	12	93.3	33.59

B.0.3 每米板宽 HPB235 改用 I 型冷轧扭钢筋代换,可按表 B.0.3 取用

表 B.0.3 每米板宽 HPB235 改用 I 型冷轧扭钢筋代换

HPB235 ϕ			改用 I 型冷轧扭钢筋 ϕ^T		
公称直径 d (mm)	间距 (mm)	面积 (mm ²)	标志直径 d (mm)	间距 (mm)	面积 (mm ²)
6.5	100	332	6.5	150	197
	150	221		200	148
	200	166		300	98
	250	132		—	—

续表 B.0.3

HPB235 Φ			改用 I 型冷轧扭钢筋 Φ^T		
公称直径 d (mm)	间距 (mm)	面积 (mm ²)	标志直径 d (mm)	间距 (mm)	面积 (mm ²)
8	100	503	6.5	100	295
	150	335		150	197
	200	252		200	148
	250	201		250	118
10	100	785	8	100	453
	150	524		150	302
	200	393		200	227
	250	314		250	181
12	100	1131	100	100	683
	150	754		150	455
	200	565		200	342
	250	452		250	273

附录 C 冷轧扭钢筋混凝土矩形截面受弯 构件纵向受拉钢筋截面面积计算方法

C.0.1 冷轧扭钢筋混凝土矩形截面受弯构件，当仅配有受拉钢筋时，其截面面积可按式确定：

$$A_s = \frac{M}{\gamma_s f_y h_0} \quad (\text{C.0.1-1})$$

或
$$A_s = \frac{\xi f_c b h_0}{f_y} \quad (\text{C.0.1-2})$$

C.0.2 公式 (C.0.1-1) 和 (C.0.1-2) 中 γ_s 和 ξ 可根据系数 α_s 按本规程表 C.0.3 确定。

C.0.3 系数 α_s 可按式计算：

$$\alpha_s = \frac{M}{f_c b h_0^2} \quad (\text{C.0.3})$$

**表 C.0.2 冷轧扭钢筋混凝土矩形截面受弯构件
正截面受弯承载力计算系数**

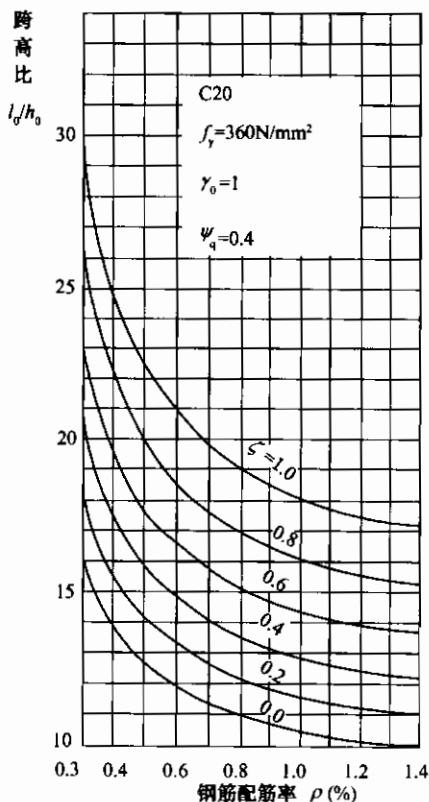
ξ	γ_s	α_s	ξ	γ_s	α_s
0.01	0.995	0.010	0.10	0.950	0.095
0.02	0.990	0.020	0.11	0.945	0.104
0.03	0.985	0.030	0.12	0.940	0.113
0.04	0.980	0.039	0.13	0.935	0.121
0.05	0.975	0.048	0.14	0.930	0.130
0.06	0.970	0.058	0.15	0.925	0.139
0.07	0.965	0.067	0.16	0.920	0.147
0.08	0.960	0.077	0.17	0.915	0.155
0.09	0.955	0.085	0.18	0.910	0.164

续表 C.0.2

ξ	γ_s	α_s	ξ	γ_s	α_s
0.19	0.905	0.172	0.30	0.850	0.255
0.20	0.900	0.180	0.31	0.845	0.262
0.21	0.895	0.188	0.32	0.840	0.269
0.22	0.890	0.196	0.33	0.835	0.275
0.23	0.885	0.203	0.34	0.830	0.282
0.24	0.880	0.211	0.35	0.825	0.289
0.25	0.875	0.219	0.36	0.820	0.295
0.26	0.870	0.226	0.37	0.815	0.301
0.27	0.865	0.234	—	—	—
0.28	0.860	0.241	—	—	—
0.29	0.855	0.248			

附录 D 冷轧扭钢筋混凝土受弯构件 不需作挠度验算的最大跨高比

D.0.1 对配置冷轧扭钢筋、混凝土强度等级为 C20、允许挠度



图中 $\zeta = 1 - \frac{M_{Gk}}{M_s}$

M_{Gk} ——为永久荷载标准值在计算截面产生的弯矩标准值；

M_s ——按荷载的短期效应组合计算的弯矩值。

图 D.0.1 冷轧扭钢筋混凝土受弯
构件不需作挠度验算的最大跨高比

值为 $l_0/200$ 、结构构件的重要性系数 γ_0 为 1、活荷载的准永久系数 ψ_q 为 0.4，且承受均布荷载的简支受弯构件，其跨高比不大于图 D.0.1 的相应数值时，可不进行挠度验算。

D.0.2 当不符合本规程 D.0.1 的条件时，对图 D.0.1 的跨高比应乘以下列修正系数：

- 1 当允许挠度值为 $l_0/250$ 时，应乘以修正系数 0.8；
- 2 当允许挠度值为 $l_0/300$ 时，应乘以修正系数 0.67。

D.0.3 当准永久值系数 ψ_q 为不同数值时，应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 的有关规定乘以相应系数。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 规程中指定应按其他有关标准、规范执行时写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国行业标准

冷轧扭钢筋混凝土构件技术规程

JGJ 115 - 2006

条文说明

前 言

《冷轧扭钢筋混凝土构件技术规程》JGJ 115-2006 经建设部 2006 年 7 月 25 日以第 463 号公告批准、发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校等有关单位人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《冷轧扭钢筋混凝土构件技术规程》编制组以章、节、条顺序，编制本条文说明，供使用者参考。如发现本条文说明有不妥之处，请将意见函寄主编单位（邮编：100045 北京南礼士路 62 号北京市建筑设计研究院科技质量部）。

目 次

1	总则	50
2	术语、符号	51
3	材料	52
4	基本设计规定	54
5	承载能力极限状态计算	56
6	正常使用极限状态验算	58
7	构造规定	59
8	冷轧扭钢筋混凝土构件的施工	62
9	预应力冷轧扭钢筋混凝土构件的施工工艺	63

1 总 则

1.0.1~1.0.3 本规程主要适用于工业与民用房屋及一般构筑物采用冷轧扭钢筋配筋的混凝土构件和先张法中、小型预应力冷轧扭钢筋混凝土结构构件的设计与施工。对于抗震设防区的非抗侧力构件，如现浇和预制楼板、次梁、楼梯、基础及其他构造钢筋均可采用冷轧扭钢筋制作。

同时，所开发的Ⅱ、Ⅲ型冷轧扭钢筋，在梁、柱箍筋、墙体分布筋和其他构造钢筋以及制作焊网等亦可采用。

经过本规程编制组对各型号冷轧扭钢筋的材料和构件的试验研究，冷轧扭钢筋混凝土结构的工作机理，均符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的条件。在构件设计、计算、施工中，凡本规程未作规定者，均应执行国家现行有关标准。

2 术语、符号

2.1~2.2

本章所列术语、符号，按现行国家标准《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083 规定的原则制订，并与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 相同。

钢筋的强度等级、伸长率等符号，与现行行业标准《冷轧扭钢筋》JG 190 - 2006 的规定相一致。

3 材 料

3.1 混 凝 土

3.1.1、3.1.2 I、II、III型冷轧扭钢筋的强度设计值均较HPB235、HRB335高，考虑混凝土强度与钢筋强度相匹配，规定混凝土强度等级不应低于C20，预应力构件不应低于C30。根据各型冷轧扭钢筋粘结锚固试验表明：当混凝土强度不低于C20时，试件不出现混凝土劈裂现象，可充分利用钢筋强度。混凝土材料的其他参数均同现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010。

3.2 冷 轧 扭 钢 筋

3.2.2、3.2.3 针对冷轧扭钢筋开发初期存在强度偏高，伸长率较小，对其加工工艺和有关参数进行优化试验研究，从材料的力学性能、加工工艺的可操作性以及耐久性等多方面综合考虑，取全国轧制不同规格的冷轧扭钢筋数千个试样，做了大量几何参数的力学性能试验和复检，本次修订又对550级II、III型和650级III型预应力冷轧扭钢筋，进行了材性和构性（板、梁）的试验。对普通（非预应力）型的材性进行全面可靠性试验，按95%保证率取样计算，其中伸长率A（标距为 $5.65\sqrt{S_0}$ ）有了较大的提高：A=10%~12%，并获得了冷轧扭钢筋力学性能 σ - ϵ 的典型曲线如图3.2所示。

从图3.2可见，钢筋应力达条件屈服点后仍有一段较长的塑性变形阶段。最大拉力下总伸长率试验的统计分析结果变化范围在1.5%~3.0%，均满足规范和工程应用要求。

3.2.4、3.2.5 鉴于冷轧扭钢筋属无明显屈服点的钢材，根据国家标准规定，其极限抗拉强度即为抗拉强度标准值。从总体大于

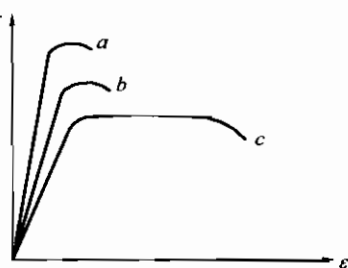
样统计，强度标准值取实际抗拉强度平均值减 1.645 倍标准差后取整确定，即具有不小于 95% 的保证率。

冷轧扭钢筋强度设计值 f_y 以 $0.80\sigma_b$ (σ_b 为钢筋的极限抗拉强度) 作为条件屈服点，取钢筋材料分项系数 $\gamma_s = 1.2$ 而确立。例如 III 型预应力冷轧扭钢筋 $f_{ptk} = 650 \text{ N/mm}^2$ ，其强度设计值

$f_{py} = 650 \times 0.80 / 1.2 = 433 \text{ N/mm}^2$ ，取整为 430 N/mm^2 。现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定，钢筋条件屈服点取 $0.85\sigma_b$ ，本次修订未作变更，留有较大余量。

本次规程修订，将原有 I、II 型的强度等级由 580 N/mm^2 改为 550 N/mm^2 。这是因为产品开发初期设计强度取值 $f_y = 380 \text{ N/mm}^2$ ，规程审查时改为 360 N/mm^2 ，原极限强度未作修改。极限强度的降低对于钢材的伸长率无疑是有利的。当 $f_y = 360 \text{ N/mm}^2$ ， $f_{yk} = 550 \text{ N/mm}^2$ 时，其材料分项系数为 $550 \times 0.85 / 360 = 1.3$ ，有较大的安全储备。

根据试验资料统计分析，按有 95% 保证率得 $E_s = 1.96 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。考虑各地方标准及相关规程，取 $E_s = 1.90 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。



a—I型；b—II型；c—III型

图 3.2 冷轧扭钢筋 $\sigma-\epsilon$ 曲线

4 基本设计规定

4.1 一般规定

4.1.1~4.1.9 冷轧扭钢筋混凝土结构的设计计算理论和方法同现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010, 在常用范围内, 本规程列出受弯构件挠度及最大裂缝宽度允许值。

经过一定数量连续构件的试验, 冷轧扭钢筋连续板具有较好的塑性能, 有明显的内力重分布现象, 并有近 10 年的工程实践经验。结合控制冷轧扭钢筋混凝土连续板在正常使用阶段裂缝宽度的限制条件, 其连续板支座负弯矩调幅值可取弹性体系计算值的 15%, 设计人员可根据应用部位或试验依据酌情取值, 例如双向连续板的安全储备较大, 调幅可适当放宽。

4.2 预应力冷轧扭钢筋混凝土结构构件

4.2.1 在不导致构件最小配筋率增加, 又满足抗裂与刚度的前提下, 预应力钢筋的控制应力值 σ_{con} , 一般不超过 $0.7f_{ptk}$, 能满足使用要求。结合国内近年来对预应力板类构件的设计使用经验, 给出本条建议的张拉控制应力的上、下限值。

4.2.2 为保证预应力钢筋放张后不致引起沿构件方向的纵向劈裂、损伤和有效预应力值的较大损失, 工程实践表明, 一般情况下, 对混凝土强度等级不低于 C30 的构件, 当混凝土强度 $\geq 75\%$ 混凝土设计强度时放张, 构件受力状态和钢筋的粘结锚固性能均满足要求。

4.2.3、4.2.4 预应力冷轧扭钢筋的应力损失可按表 4.2.3 的规定计算, 亦可按具体工程施工的制作厂家, 提供相关参数来进行计算。为保证结构的安全, 计算出的预应力的总损失值不小于 100N/mm^2 。

650 级的预应力冷轧扭钢筋实测 1000h 的应力松弛损失在 $3.30\% \sim 3.56\% \sigma_{con}$ 范围，张拉后 1h 的应力松弛率在 1% 左右。为保证构件的安全，取应力松弛损失值上限为 $8\% \sigma_{con}$ 。

5 承载力极限状态计算

5.1 正截面承载力计算

5.1.1 冷轧扭钢筋混凝土结构正截面承载力计算的基本理论，符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。原规程编制组所做的 28 个冷轧扭钢筋 I 型梁板试验以及本次修订增补的 21 个冷轧扭钢筋 II、III 型梁板试验结果均表明受拉冷轧扭钢筋的极限拉应变均超过 0.01，结构构件在破坏前有明显的变形和预兆，均属延性破坏。因此，在进行正截面承载力计算时，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的正截面承载力计算的有关规定执行，其荷载挠度曲线如图 5.1。

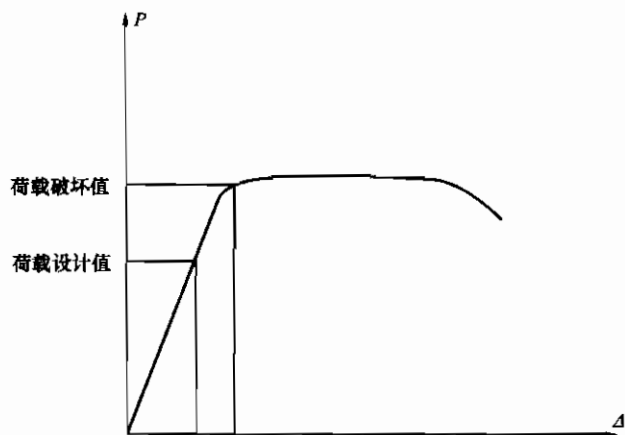


图 5.1 冷轧扭钢筋混凝土构件 $P-\Delta$ 曲线

5.1.2 相对界限受压区高度 ξ_b 取值，可按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2002 中公式 (7.1.4-2) 及 (7.1.4-3) 计算。

5.1.3、5.1.4 矩形、T形和工形截面的正截面受弯承载力计算的限制条件和相关构造要求等均按 GB 50010 的有关规定。

5.1.5、5.1.6 为设计应用方便，编制了附录 B、附录 C。I 型冷轧扭钢筋与 HPB235 钢筋单根抗拉强度的对应关系可直接代用。

5.2 斜截面承载力计算

5.2.1~5.2.4 常用截面的受弯构件，斜截面承载力的计算限制条件和有关配置箍筋的构造要求等均按 GB 50010 的有关规定。

6 正常使用极限状态验算

6.1 裂缝控制验算

6.1.1~6.1.3 原规程 JGJ 115-97 的裂缝计算公式是根据 I 型冷轧扭钢筋的梁、板试验取钢筋表面系数 0.85 而得, 本次修订补充了 II、III 型冷轧扭钢筋的梁、板试验。其实测裂缝宽度与计算值的比较如表 1:

表 1 实测裂缝宽度与计算值比较

试验构件编号	实测裂缝宽	按 JGJ 115 计算 裂缝值	按 GB 50010 计算 裂缝值
梁 1 (II 型)	0.217	0.21	0.25
梁 2 (III 型)	0.160	0.20	0.22
板 (III 型)	0.128	0.153	0.199

注: 表中计算值分别按 JGJ 115-97 和 GB 50010-2002 公式计算。

从表 1 可知, 采用 GB 50010 计算公式, 计算裂缝宽度均大于实测值, 为与国家规范协调一致, 故取 GB 50010 计算公式。

6.1.4 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件的裂缝验算, 按 GB 50010 的规定。

6.2 受弯构件挠度验算

6.2.1~6.2.4 受弯构件挠度验算均同 GB 50010。

6.2.5 符合附录 D 规定的条件下, 当其跨高比不大于图 D.0.1 的相应数值时, 可不进行挠度验算。

7 构造规定

7.1 混凝土保护层

7.1.1~7.1.3 混凝土保护层厚度的规定是为了满足结构构件的耐久性与对受力钢筋有效锚固的要求。对于 GB 50010 所规定的限值，冷轧扭钢筋混凝土构件也适用。并规定按冷轧扭钢筋截面的最外边缘起算。表 7.1.1 将各构件的保护层厚度，作了细化规定，对于二、三类环境下的悬臂板，应加大上表面的保护层厚度。

7.2 冷轧扭钢筋的锚固

7.2.1 I 型冷轧扭钢筋与混凝土之间的粘结锚固作用，在受力初期为胶结—摩阻作用，类似光圆钢筋，但因轧制表面粗糙而表面强度有所提高；在受力较大时，靠钢筋螺旋状侧面与混凝土的咬合挤压作用类似于变形钢筋，但因挤压面斜度较小，滑移稍大；在受力很大时，由于旋扭状的连续混凝土咬合齿不易被挤压破碎，且轧扁后与同截面圆钢相比，周长增大约 25%，因此冷轧扭钢筋不会发生锚固拔出破坏。受力后期锚固性能优于带肋钢筋。

由于冷轧扭钢筋不会发生锚固拔出破坏，故不存在承载力问题。根据控制滑移增长率不致过大的锚固刚度条件，确定锚固强度，通过对 22 组 174 个试件的试验结果进行统计回归，由滑移不过大而定义的锚固强度为 $\tau_s = \left[1.217 + 2.1 \frac{d}{l_a} \right] f_t$ 。式中 d 为标志直径， l_a 为锚固长度， f_t 为混凝土抗拉强度。在此基础上进行可靠度分析，取可靠指标 $\beta_a = 3.95$ （相应时效概率为 $P_a = 4.0 \times 10^{-5}$ ）进行计算，得到具有相当可靠度的冷轧扭钢筋锚固

长度，其取值与混凝土强度有关，强度等级较高时锚固长度减小。Ⅲ型冷轧扭钢筋则与带肋钢筋相同，Ⅱ型冷轧扭钢筋锚固性能略低于Ⅰ、Ⅲ型。故钢筋外形系数按光圆钢筋 $\alpha=0.16$ 取用。根据工程实践经验和设计习惯，按 GB 50010 计算公式给出各类形冷轧扭钢筋不同混凝土强度等级的最小锚固长度的统一值，如表 7.2.1。

当构件中充分利用钢筋抗拉强度时，如悬挑板支座上部纵筋，必须满足上述最小锚固长度。简支板或连续板下部纵向钢筋伸入支座长度，或板边支座按简支计算时的支座上部钢筋，均不属此范畴，可按本规程 7.5 节取用。

7.3 冷轧扭钢筋的接头

7.3.1、7.3.2 冷轧扭钢筋不得采用焊接接头。在规定的搭接长度 $1.2l_a$ 区段内，有接头的受拉钢筋截面面积不应大于总钢筋截面面积的 25%，设置在受压区的接头不受此限。

7.4 冷轧扭钢筋最小配筋率

7.4.1、7.4.2 GB 50010 规定受弯构件的最小配筋率为 0.2% 和 $45f_t/f_y$ 中的较大值。这是由适筋范围内钢筋屈服和受压混凝土应变同时达到极限状态而确定，并随钢筋强度的提高而下降，随混凝土强度等级的提高而上升。对于 C35 及以下混凝土强度等级，采用钢筋强度设计值为 360N/mm^2 时，计算的最小配筋百分率分别为 C35 为 0.196% 、C30 为 0.18% 、C25 为 0.16% 、C20 为 0.14% ，鉴于一般楼板混凝土强度等级在 C20~C35 左右，故确定当混凝土强度等于和小于 C35 时为 0.2% ，大于 C35 时按 GB 50010 规定公式计算，可靠性满足工程需要。

7.4.3 预应力冷轧扭钢筋受弯构件受力钢筋的最小配筋率的规定，它涉及构件截面的几何特征、混凝土的抗拉强度等级、预应力钢筋的强度设计值和钢筋的控制应力等因素。

冷轧扭钢筋属于无明显屈服点的材料，当构件配筋率较低，

混凝土强度等级较低，控制应力较高时，使用和施工不当时，结构构件极易产生损伤或断裂。为防止上述几种现象的发生，尤其在仅配置预应力受力钢筋时，在结构设计中必须满足构件的最小配筋率。为提高构件延性，宜适当加配非预应力筋。

7.5 板

7.5.1~7.5.9 现浇楼板是应用冷轧扭钢筋量大面广的构件，其构造要求应符合 GB 50010 的相关规定。根据实践经验，楼板中纵向受力冷轧扭钢筋的间距以 150mm 为宜，可有效控制板面裂缝。

7.5.10 当采用 I、II 型冷轧扭钢筋做支座上部钢筋时，由于其截面形状不便定尺成型，根据应用经验，可在一端弯 90° 直钩，交错放置，用架立筋连成整体后，比同截面的圆钢有较好的架立刚度。

7.5.11 当板中采用 III 型冷轧扭钢筋制作焊网时，由于目前试验依据不足，可按现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规范》JGJ 114 中冷拔光面钢筋的相关规定取用。

7.6 梁

7.6.1~7.6.9 冷轧扭钢筋最大标志直径为 12mm，因此在梁内应用主要是小跨度的楼层次梁和过梁等非抗震构件，有关配筋构造应符合 GB 50010 要求。

7.6.10 I、II 型冷轧扭钢筋的螺旋状截面不易定尺弯折，故不宜制作弯起钢筋。

III 型冷轧扭钢筋可用作箍筋和弯起钢筋。

8 冷轧扭钢筋混凝土构件的施工

8.1 冷轧扭钢筋产品的验收和复检

8.1.1~8.1.3 冷轧扭钢筋产品应加强质量管理，进入施工现场时，使用方应分批验收。如有异常现象，应对原材料中含碳量和其他有害成分进行化学成分的复检，控制好母材质量是十分重要的。

8.1.4~8.1.7 使用方在冷轧扭钢筋产品进场后均应分批做复检，以确保质量。冷轧扭钢筋质量主要从三方面检验：一是外观要求，包括表面清洁、无损伤、无腐蚀等；二是规格尺寸，包括轧制截面、节距、每延米重量等；三是力学性能，包括抗拉强度、延伸率、冷弯等。条文中均提出了具体要求，三方面均满足要求即为合格的冷轧扭钢筋。

8.2 冷轧扭钢筋混凝土构件的施工

8.2.1 冷轧扭钢筋混凝土构件的施工，对模板、混凝土工程要求同普通钢筋混凝土构件。

8.2.2 冷轧扭钢筋较同标志直径母材断面面积小而较同截面圆钢的周长，对腐蚀较敏感，故严禁采用对钢筋有腐蚀作用的外加剂。

8.2.4、8.2.5 对冷轧扭钢筋的铺设绑扎提出了基本要求，与普通钢筋工程基本相同。

8.2.7 Ⅲ型冷轧扭钢筋（CTB550 级）外型为圆形螺旋肋，可用于焊接网。

9 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件的施工工艺

9.1 原材料及设备检验

9.1.1~9.1.4 对预应力冷轧扭钢筋的原材料、锚具、夹具等进行系统的外观检查和相关力学性能检验，是保证原材料质量的首要工作。对张拉机具设备、仪表应由专人负责使用，定期检查维修和按规定日期进行校验，对锚头锚所要求的几何直径，外观及抗拉强度等均应进行一一检验。

9.2 预应力冷轧扭钢筋的张拉

9.2.1~9.2.12 控制预应力值是通过预应力筋的张拉而建立起来的。为保证其控制预应力值，要求张拉预应力筋时应变的起点值基本相等的条件下，保证预应力张拉时和在规定 48h 浇筑完混凝土的时段内，其环境温度不宜低于 -10°C 和大于 20°C 。为保证预应力钢筋在混凝土中的粘接锚固作用，严禁隔离剂对预应力筋的污染。对张拉后断裂和滑脱的预应力钢筋，浇筑混凝土前，必须更换，浇筑混凝土后失效的预应力钢筋的总量不得超过同一构件预应力钢筋总量的 5%，且严禁相邻两根断裂或滑脱。

预应力冷轧扭钢筋锚定后，在长线生产中滑移值不得超过 5mm，在短线生产中，钢筋锚头后的有效长度偏差在同一个构件中不得大于 2mm。超过限值应重新张拉或采取补救措施。

在张拉和锚定预应力钢筋时，严禁操作人员在台座两端和跨越钢筋。注意张拉机具装置的失灵，加强原材料检验，防止不合格原材料钢筋混入。

9.3 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件的制作

9.3.1~9.3.3 预应力冷轧扭钢筋混凝土构件一般在台座上制作，要求台座平整，铺设的预应力钢筋要平直。在构件与台面间设隔离层，连续浇注，加强养护等技术方法，以提高构件的抗裂性能。

9.4 预应力筋的放松

9.4.1、9.4.2 放松预应力钢筋是先张法预应力构件生产中的最后一道工序。放松预应力钢筋应在混凝土达到一定强度后，才能进行。如设计没有特殊要求，一般应在混凝土强度达到设计强度的75%时，方可进行。

放松预应力钢筋时要求：先放松受压钢筋，后放松受拉区钢筋，先两侧后中间，对称、同步、均匀、缓慢，严防放松对钢筋的突然冲击和扭力。

张拉端夹具变形和钢筋内缩值，应符合本规程的限值要求。

9.5 结构构件性能的检验

9.5.1、9.5.2 结构构件性能的检验，必须对构件的承载力、刚度和裂缝宽度进行全面的检验。当设计要求按实际的抗裂计算值进行检验时，可按公式9.5.2-1和公式9.5.2-2计算。

对于构件的检验和验算等应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定。