

超高强钢绞线预应力混凝土结构 技术规程

**Technical specification for ultra-high strength steel strand
prestressed concrete structures**

目 次

1 总 则.....	(1)
2 术语和符号.....	(2)
2.1 术 语.....	(2)
2.2 符 号.....	(2)
3 材 料.....	(4)
3.1 混凝土及普通钢筋.....	(4)
3.2 超高强钢绞线.....	(4)
3.3 缓粘结超高强钢绞线.....	(5)
3.4 无粘结超高强钢绞线.....	(6)
3.5 锚 具.....	(6)
4 结构设计.....	(8)
4.1 一般规定.....	(8)
4.2 预应力损失计算.....	(9)
4.3 承载能力计算.....	(11)
4.4 正常使用极限状态验算.....	(12)
5 构造规定.....	(13)
5.1 一般规定.....	(13)
5.2 先张法超高强预应力.....	(14)
5.3 后张有粘结超高强预应力.....	(14)
5.4 后张缓粘结超高强预应力.....	(15)
5.5 后张无粘结超高强预应力.....	(17)
6 施工及验收.....	(19)
6.1 一般规定.....	(19)
6.2 超高强钢绞线制作和存放.....	(19)
6.3 后张有粘结超高强钢绞线安装.....	(20)
6.4 缓粘结和无粘结超高强钢绞线安装.....	(21)
6.5 混凝土浇筑.....	(22)

6.6 预应力张拉.....	(22)
6.7 工程验收.....	(24)
附录 A 超高强钢绞线张拉记录表.....	(27)

1 总 则

1.0.1 为规范超高强钢绞线预应力混凝土结构的设计、施工及验收，做到安全适用、技术先进、经济合理和确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑工程中采用的超高强钢绞线预应力混凝土结构的设计、施工及验收。

1.0.3 超高强钢绞线预应力混凝土结构应根据建筑功能要求、材料供应和施工条件，确定合理的设计与施工方案。

1.0.4 超高强钢绞线预应力混凝土结构的设计、施工及验收除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的
规 定 。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 超高强钢绞线 ultra high-strength steel strand

公称抗拉强度不小于 2160MPa 的钢绞线。

2.1.2 超高强钢绞线预应力混凝土结构 ultra-high strength steel strand prestressed concrete structure

配置超高强预应力钢绞线并经过张拉建立预应力的混凝土结构。

2.1.3 缓粘结超高强钢绞线 retard-bonded ultra-high strength steel strand

表面涂敷缓凝粘合剂，外包带肋护套，缓凝粘合剂固化后与结构混凝土之间永久粘结咬合为一体的超高强钢绞线。

2.1.4 缓粘结超高强钢绞线预应力混凝土结构 prestressed concrete structure with retard-bonded ultra-high strength steel strand

配置缓粘结超高强预应力钢绞线并经过张拉建立预应力的混凝土结构。

2.1.5 无粘结超高强钢绞线 unbonded ultra-high strength steel strand

采用表面涂敷专用防腐润滑涂层，外包和塑料护套包裹的单根超高强钢绞线。

2.1.6 无粘结超高强钢绞线预应力混凝土结构 unbonded ultra-high strength steel strand prestressed concrete structure

配置无粘结超高强预应力钢绞线并经过张拉建立预应力的混凝土结构。

2.1.7 有粘结超高强钢绞线预应力混凝土结构 prestressed concrete structures with bonded ultra-high strength steel strands

通过灌浆或与混凝土直接接触使预应力筋与混凝土之间相互粘结而简历预应力的混凝土结构。

2.2 符号

2.2.1 材料性能

E_c — 混凝土弹性模量；

E_p — 超高强钢绞线弹性模量；

- E_S — 普通钢筋弹性模量；
- f_c — 混凝土轴心抗压强度设计值；
- f_{cu} — 施加预应力时的混凝土立方体抗压强度；
- f_{ptk} — 超高强钢绞线极限抗拉强度标准值；
- f_{py} — 超高强钢绞线极限抗拉强度设计值；
- f_t — 混凝土轴心抗拉强度设计值；
- f_{tk} — 混凝土轴心抗拉强度标准值；
- f_y — 普通钢筋抗拉强度设计值。

2.2.2 作用、作用效应及承载力

- σ_{con} — 超高强钢绞线的张拉控制应力。

2.2.3 计算系数及其他

- κ — 超高强钢绞线局部偏差的摩擦系数；
- μ — 摩擦系数；
- θ — 考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数。

3 材 料

3.1 混凝土及普通钢筋

3.1.1 超高强钢绞线预应力混凝土梁、柱结构的混凝土强度等级不应低于 C40，超高强钢绞线预应力混凝土板的混凝土强度等级不应低于 C35。混凝土的力学性能指标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。

3.1.2 超高强钢绞线预应力混凝土结构中纵向普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500 钢筋，其中梁、柱纵向受力钢筋应采用 HRB400、HRB500 钢筋，箍筋宜采用 HRB400、HRB500 钢筋，也可采用 HPB300 钢筋，普通钢筋的力学性能指标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。

3.2 超高强钢绞线

3.2.1 超高强钢绞线力学性能和质量应符合现行协会标准《预应力混凝土用超高强钢绞线》T/CECS 10327 的规定。

3.2.2 超高强钢绞线主要力学性能、抗拉强度设计值和抗压强度设计值应符合表 3.2.2 的规定，弹性模量 E_p 宜取 $1.95 \times 10^5 \text{MPa}$ ，必要时可采用实测值。

表 3.2.2 超高强钢绞线力学性能

公称直径 d (mm)	符号	极限强度 标准值 f_{ptk} (MPa)	抗拉强度 设计值 f_{py} (MPa)	抗压强度 设计值 f'_{py} (MPa)	最大力 总延伸率 ($L_o\geq 500\text{mm}$) ε_{gt} (%)	公称截 面面积 (mm ²)	每延 米理 论质 量 (g/m)
15.20	ϕ^s	2160	1530	390	≥ 4.5	140	1101
		2230	1580				
		2360	1680				
17.80		2160	1530			191	1500
		2230	1580				
21.80		2160	1530			313	2482
		2230	1580				
25.40		2160	1530			421	3338
		2230	1580				

3.3 缓粘结超高强钢绞线

3.3.1 制作缓粘结超高强钢绞线用超高强钢绞线规格及性能应符合现行协会标准《预应力混凝土用超高强钢绞线》T/CECS 10327 的有关规定。

3.3.2 缓粘结超高强钢绞线的生产应满足现行协会标准《大直径缓粘结预应力钢绞线》T/CECS 10097 和《预应力混凝土用超高强钢绞线》T/CECS 10327 的有关规定。

3.3.3 缓粘结超高强钢绞线成品每盘应由一根连续超高强钢绞线组成，不应有接头或死弯。

3.3.4 制作缓粘结超高强钢绞线的缓凝粘合剂和护套主要技术指标应符合现行协会标准《大直径缓粘结预应力钢绞线》T/CECS 10097 的规定，常用缓凝粘合剂的类型及适用范围可依据表 3.3.4 选用。

表 3.3.4 常用缓凝粘合剂类型及适用范围

常用缓凝粘合剂类型	施工时（周）平均环境温度	标准张拉适用期（d）	标准有效强度期（d）	标准固化期（d）
A 型	26℃≤32℃	300，±30	500，±50	720，±80
B 型	17℃≤25℃	220，±20	380，±40	540，±60
C 型	6℃≤16℃	150，±15	250，±30	360，±36
抗冻凝 D 型	-15℃≤5℃	150，±15	250，±30	360，±36

3.3.5 常用缓粘结超高强钢绞线主要规格和性能应符合表 3.3.5 的规定。

表 3.3.5 缓粘结超高强钢绞线主要规格和性能

超高强钢绞线				缓凝粘合剂	护套		缓粘结超高强钢绞线						
公称直径 d/mm	极限强度标准值 /MPa	抗拉强度设计值 /MPa	公称截面积 /mm ²	每延米理论质量 (g/m)	厚度 /mm	肋高 /mm	每延米理论质量 (g/m)	张拉适用期内摩擦系数					
								μ	κ				
15.20	2160	1530	140	≥ 150	0.8~1.3	≥ 1.5	1350	≤ 0.12	≤ 0.006				
	2230	1580											
	2360	1680											
17.80	2160	1530	191	≥ 230		≥ 1.9	1870			≤ 0.12	≤ 0.006		
	2230	1580											
21.80	2160	1530	313	≥ 300		≥ 2.1	2950					≤ 0.12	≤ 0.006
	2230	1580											
25.40	2160	1530	421	≥ 400			3938						

	2230	1580						
--	------	------	--	--	--	--	--	--

3.4 无粘结超高强钢绞线

3.4.1 制作无粘结超高强钢绞线的超高强钢绞线性能应符合现行协会标准《预应力混凝土用超高强钢绞线》T/CECS 10327 的规定。

3.4.2 采用超高强钢绞线制作的无粘结超高强钢绞线不应有死弯。

3.4.3 无粘结超高强钢绞线的外包层材料性能及涂包质量应符合现行行业标准《无粘结预应力钢绞线》JG 161 的有关规定，防腐油脂质量应符合现行行业标准《无粘结预应力筋用防腐润滑油脂》JG/T 430 的有关规定。

3.4.4 常用无粘结超高强钢绞线的主要性能应符合表 3.3.4 的规定。

表 3.4.4 无粘结超高强钢绞线主要规格和性能

超高强钢绞线				护套厚度 mm	防腐油脂含量 g/m	无粘结超高强钢绞线		
公称直径 d/mm	极限强度标准值/MPa	抗拉强度设计值/MPa	公称截面积/mm ²			每延米理论质量(g/m)	摩擦系数	
							μ	κ
15.20	2160	1530	140	≥ 1.0	≥ 50	1260	≤ 0.09	≤ 0.004
	2230	1580						
	2360	1680						
17.80	2160	1530	191	≥ 1.0	≥ 60	1650		
	2230	1580						
21.80	2160	1530	313	≥ 1.2	≥ 73	2750		
	2230	1580						
25.40	2160	1530	421	≥ 1.2	≥ 85	3630		
	2230	1580						

3.5 锚 具

3.5.1 超高强钢绞线采用的锚具、夹具、连接器的性能要求应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的有关规定。

3.5.2 超高强钢绞线用锚具、夹具和连接器，应根据超高强钢绞线的极限抗拉强度、公称直径、张拉力值和工程应用环境类别选定。

3.5.3 超高强钢绞线张拉端应采用夹片锚具，埋入式固定端宜采用挤压锚具或有特殊构造措施的固定端夹片式锚具；当分段超高强钢绞线需要连接时，可采用专用连接器连接。

3.5.4 缓粘结超高强钢绞线和无粘结超高强钢绞线张拉端锚具系统可采用圆套筒

式锚具、垫板连体式夹片锚具或全封闭垫板连体式夹片锚具，张拉端和固定端具体构造形式应分别符合现行行业标准《缓粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 387 和《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

4 结构设计

4.1 一般规定

4.1.1 超高强钢绞线预应力混凝土结构设计、分析内容及相应的具体要求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。

4.1.2 超高强预应力混凝土梁、柱结构的混凝土强度等级不应低于 C40，超高强预应力混凝土板的混凝土强度等级不应低于 C35。

4.1.3 在缓粘结超高强钢绞线内的缓凝粘合剂达到有效强度之前，应按无粘结预应力混凝土结构构件进行受力验算；在缓凝粘合剂达到有效强度之后，应按有粘结预应力混凝土结构构件进行受力验算。

4.1.4 超高强钢绞线预应力混凝土结构构件，除应根据设计状况进行承载力计算及正常使用极限状态验算外，尚应在施工阶段对实际受力状态进行验算。

4.1.5 缓粘结超高强钢绞线的张拉控制应力 σ_{con} 应符合下列规定：

1 一般情况下，张拉控制应力 σ_{con} 应符合下式规定：

$$0.5f_{\text{ptk}} \leq \sigma_{\text{con}} \leq 0.75f_{\text{ptk}} \quad (4.1.6)$$

2 当符合下列情况之一时，张拉控制力 σ_{con} 可提高 $0.05f_{\text{ptk}}$ ，提高后的张拉控制应力不宜超过 $0.80f_{\text{ptk}}$

1) 要求提高构件在施工阶段的抗裂性能而在使用阶段受压区设置的预应力筋；

2) 要求部分抵消应力松弛、磨擦、分批张拉、低温张拉等因素产生的预应力损失。

3 无粘结超高强预应力钢绞线的张拉控制应力不宜超过 $0.75f_{\text{ptk}}$ ，且不应超过 $0.8f_{\text{ptk}}$ 。

4.1.6 施加预应力时，同条件养护的混凝土立方体抗压强度应符合现设计要求，并应符合下列规定：

1 不应低于设计强度等级的 75%；

2 不应低于锚具供应商提供的产品技术手册要求的混凝土最低强度要求；

3 对于现浇混凝土梁和板，混凝土龄期分别不宜低于 7d 和 5d；

4 当张拉预应力钢绞线是为防止混凝土早期出现的收缩裂缝时，可不受上

述 3 款的限制，但应符合局部受压承载力的规定。

4.2 预应力损失计算

4.2.1 超高强钢绞线的预应力损失值可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中有关规定计算。

4.2.2 直线超高强钢绞线由于锚具变形和超高强钢绞线内缩引起的预应力损失值 σ_{l1} 应按下式计算：

$$\sigma_{l1} = \frac{a}{l} E_p \quad (4.2.2)$$

式中： a ——张拉端锚具变形和预应力筋内缩值（mm），可按照表 4.2.2 采用；

l ——张拉端至固定端之间的距离（mm）；

E_p ——钢绞线弹性模量（N/mm²）。

表 4.2.2 锚具变形和超高强钢绞线内缩值 a （mm）

锚具类别		a
夹片式锚具	液压顶压器顶压时	6
	限位器时	7~9

注：1 表中的锚具变形和超高强钢绞线内缩值也可根据实测数据确定；

2 其他类型的锚具变形和超高强钢绞线内缩值应根据实测数据确定。

4.2.3 超高强钢绞线与孔道壁之间的摩擦引起的预应力损失值 σ_{l2} 应按下式计算：

$$\sigma_{l2} = \sigma_{con} \left(1 - \frac{1}{e^{kx + \mu\theta}} \right) \quad (4.2.3-1)$$

当 $(kx + \mu\theta) \leq 0.3$ 时， σ_{l2} 可按下式近似计算：

$$\sigma_{l2} = (kx + \mu\theta) \sigma_{con} \quad (4.2.3-2)$$

计算时，孔道每米长度的局部偏差摩擦系数 κ ，超高强钢绞线与孔道壁之间的摩擦系数 μ ，按表 4.2.3 采用。

表 4.2.3 超高强钢绞线摩擦系数

孔道成型方式	κ	μ
预埋金属波纹管	0.0015	0.25
预埋塑料波纹管	0.0015	0.15
预埋钢管	0.0010	0.30
抽芯成型	0.0014	0.55
缓粘结超高强钢绞线	0.0060	0.12
无粘结超高强钢绞线	0.0040	0.09

注：表中系数也可根据实测数据确定或由厂家提供。

4.2.4 预应力筋的应力松弛引起的预应力损失 σ_{l4} 宜按下列公式计算：

普通松弛：

$$\sigma_{l4} = 0.4 \left(\frac{\sigma_{\text{con}}}{f_{\text{ptk}}} - 0.5 \right) \sigma_{\text{con}} \quad (4.2.4-1)$$

低松弛：

$$\text{当 } \sigma_{\text{con}} \leq 0.7f_{\text{ptk}} \text{ 时, } \sigma_{l4} = 0.125 \left(\frac{\sigma_{\text{con}}}{f_{\text{ptk}}} - 0.5 \right) \sigma_{\text{con}} ; \quad (4.2.4-2)$$

$$\text{当 } 0.7f_{\text{ptk}} < \sigma_{\text{con}} \leq 0.8f_{\text{ptk}} \text{ 时, } \sigma_{l4} = 0.2 \left(\frac{\sigma_{\text{con}}}{f_{\text{ptk}}} - 0.575 \right) \sigma_{\text{con}} \quad (4.2.4-3)$$

4.2.5 由于混凝土收缩和徐变引起的预应力筋损失值 σ_{l5} ，可按下列公式计算：

先张构件：

$$\sigma_{l5} = \frac{60 + 340 \frac{\sigma_{\text{pc}}}{f'_{\text{cu}}}}{1 + 15\rho} \quad (4.2.5-1)$$

$$\sigma'_{l5} = \frac{60 + 340 \frac{\sigma'_{\text{pc}}}{f'_{\text{cu}}}}{1 + 15\rho'} \quad (4.2.5-2)$$

$$\rho = (A_p + A_s) / A_0 \quad (4.2.5-3)$$

$$\rho' = (A'_p + A'_s) / A_0 \quad (4.2.5-4)$$

后张构件：

$$\sigma_{l5} = \frac{55 + 300 \frac{\sigma_{\text{pc}}}{f'_{\text{cu}}}}{1 + 15\rho} \quad (4.2.5-5)$$

$$\sigma'_{l5} = \frac{55 + 300 \frac{\sigma'_{\text{pc}}}{f'_{\text{cu}}}}{1 + 15\rho'} \quad (4.2.5-6)$$

$$\rho = (A_p + A_s) / A_n \quad (4.2.5-7)$$

$$\rho' = (A'_p + A'_s) / A_n \quad (4.2.5-8)$$

式中：

σ_{pc} 、 σ'_{pc} —— 受拉区、受压区预应力筋合力点处的混凝土法相压应力 (MPa)；

f'_{cu} —— 施加预应力时的混凝土立方体抗压强度 (MPa)；

ρ 、 ρ' —— 受拉区、受压区预应力筋和普通钢筋的配筋率，对于对称配置预应力筋和普通钢筋的构件，配筋率应按钢筋总截面面积的一半计算。

其他有关混凝土收缩和徐变引起的预应力筋应力损失值的规定，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定执行。

4.2.6 混凝土弹性压缩引起的预应力损失 σ_{l7} 宜按下列方法确定：

1 先张法构件和一次张拉完成的后张法构件：

$$\sigma_{l7} = 0 \quad (4.2.6-1)$$

2 分批张拉和锚固预应力钢筋的后张法构件：

$$\sigma_{l7} = \frac{m-1}{2m} n_p \sigma_c \quad (4.2.6-2)$$

$$\sigma_c = \frac{N_p}{A_n} + \frac{N_p e_p^2}{I_n} \quad (4.2.6-3)$$

式中：

m —— 预应力筋张拉端总批数；

n_p —— 预应力筋弹性模量与混凝土弹性模量之比 E_p/E_c ；

σ_c —— 在代表截面的全部预应力筋形心处混凝土的预压应力，预应力筋的预拉应力按控制应力扣除相应的预应力损失后的值 (MPa)；

N_p —— 后张法构件的预加力 (N)；

A_n —— 净截面面积 (mm²)；

I_n —— 净截面惯性矩 (mm⁴)；

e_p —— 预应力筋截面形心至换算截面形心的距离 (mm)。

4.3 承载能力计算

4.3.1 承载能力极限状态计算应按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中有关预应力混凝土结构的计算规定。

4.3.2 缓粘结超高强钢绞线预应力混凝土构件在缓凝粘合剂达到有效强度之前应

进行承载力计算，超高强钢绞线设计强度 f_{py} 应取超高强钢绞线的应力设计值 σ_{pu} ， σ_{pu} 应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中有关规定确定。

4.4 正常使用极限状态验算

4.4.1 有粘结与无粘结超高强预应力混凝土结构的轴心受拉和受弯构件中，按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度宜符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定，并满足对最大裂缝宽度限值的要求。

4.4.2 缓粘结超高强预应力混凝土结构的轴心受拉和受弯构件中，按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响最大裂缝宽度计算按照现行行业标准《缓粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 387 进行，并满足规范中对最大裂缝宽度限值的要求。

4.4.3 超高强预应力混凝土受弯构件的挠度值应按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定进行验算。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/358027120061006067>