

# 预应力混凝土用钢绞线检验操作规程

## 1 总则

1.0.1 预应力混凝土用钢绞线检验依据标准为《预应力混凝土用钢绞线》（GB/T5224—2014）。为统一山东地区预应力混凝土用钢绞线的检测方法，保证检测精度，制定本规程。

1.0.2 本规程规定了预应力混凝土用钢绞线的分类、技术要求、试验方法等。本规程适用于由冷拉光圆钢丝及刻痕钢丝捻制的用于预应力混凝土结构的钢绞线（以下简称钢绞丝）。

## 2 术语、符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 标准型钢绞线

由冷拉光圆钢丝捻制成的钢绞线。

#### 2.1.2 刻痕钢绞线

由刻痕钢丝捻制成的钢绞线。

#### 2.1.3 模拔型钢绞线

捻制后再经冷拔成的钢绞线。

#### 2.1.4 公称直径

钢绞线外接圆直径的名义尺寸。

#### 2.1.5 稳定化处理

为减少应用时的应力松弛，钢绞线在一定张力下进行的短时热处理。

### 2.2 符号

$D_n$  —— 钢绞线直径；

$S_n$  —— 钢绞线参考截面积；

$R_m$  —— 钢绞线抗拉强度；

$F_m$  —— 整根钢绞线的最大力；

$F_{p0.2}$  —— 规定非比例延伸力；

$A_{gt}$  —— 最大力总伸长率；

$\Delta F_a$  —— 应力范围（两倍应力幅）的等效负荷值；

$D$  —— 偏斜拉伸系数。

## 3 分类和标记

### 3.1 分类与代号

钢绞线按结构分为5类。其代号为：

用两根钢丝捻制的钢绞线	1×2
用三根钢丝捻制的钢绞线	1×3
用三根刻痕钢丝捻制的钢绞线	1×3 I
用七根钢丝捻制的标准型钢绞线	1×7
用七根钢丝捻制又经模拔的钢绞线	(1×7) C

## 3.2 标记

### 3.2.1 标记内容包含下列内容：

预应力钢绞线，结构代号，公称直径，强度级别，标准号

### 3.2.2 标记示例

公称直径为 15.20mm，强度级别为 1860MPa 的七根钢丝捻制的标准型钢绞线其标记为：预应力钢绞线 1×7-15.20-1860-GB/T5224—2003

## 4 检验规则

### 4.1 检查和验收

产品的检查由供方技术监督部门按表 4.3.1 的规定进行，需方可按本标准进行检查验收。

### 4.2 组批规则

钢绞线应成批验收，每批钢绞线由同一牌号、同一规格、同一生产工艺捻制的钢绞线组成。每批质量不大于 60 吨。

### 4.3 检验项目及取样数量

#### 4.3.1 钢绞线的检验项目及取样数量应符合下表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 供方出厂常规检验项目及取样数量

序号	检验项目	取样数量	取样部位	检验方法
1	表面	逐盘卷		目视
2	外形尺寸	逐盘卷		按本标准
3	钢绞线伸直性	3 根/每批	在每（任）盘卷 中任意一端截取	
4	整根钢绞线最大力	3 根/每批		
5	规定非比例延伸力	3 根/每批		
6	最大力总伸长率	3 根/每批		
7	应力松弛性能	不小于 1 根/每合 同批（注）		
注：合同批为一个订货合同的总量。在特殊情况下，松弛试验可以由工厂连续检验提供同一原料、同一生产工艺的数据所代替。				

#### 4.3.2 1000h 的应力松弛性能试验、疲劳性能试验、偏斜拉伸试验只进行型式检验，仅在原料、生产工艺、设备有重大变化及新产品生产、停产后复产时进行检验。

### 4.4 复验与判定规则

当 4.3.1 中规定的某一项检验结果不符合本规程规定时，则该盘卷不得交货。并从同一批未经试验的钢绞线盘卷中取双倍数量的试样进行该不合格项目的复验，复验结果即使有一个试样不合格，则整批钢绞线不得交货，或进行逐盘检验合格后交货。供方有权对复验不合格产品进行重新组批提交验收。

## 5 尺寸、外形、重量及允许偏差

### 5.1 预应力钢绞线的截面形状如附录 A 中图 1、图 2、图 3 所示。

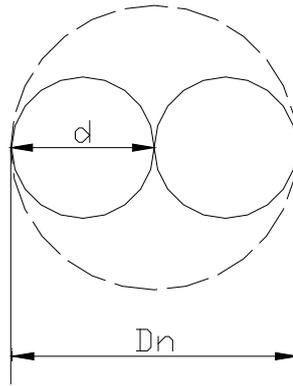


图1 1×2 结构钢绞线外形示意图

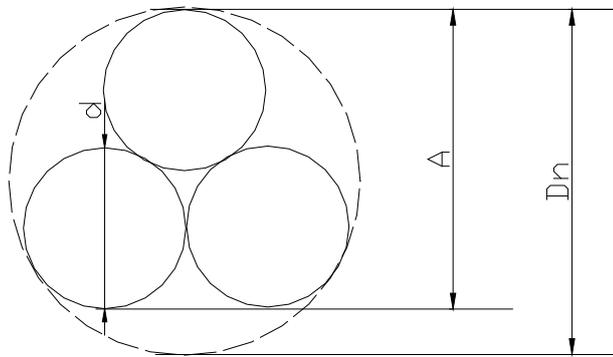


图2 1×3 结构钢绞线外形示意图

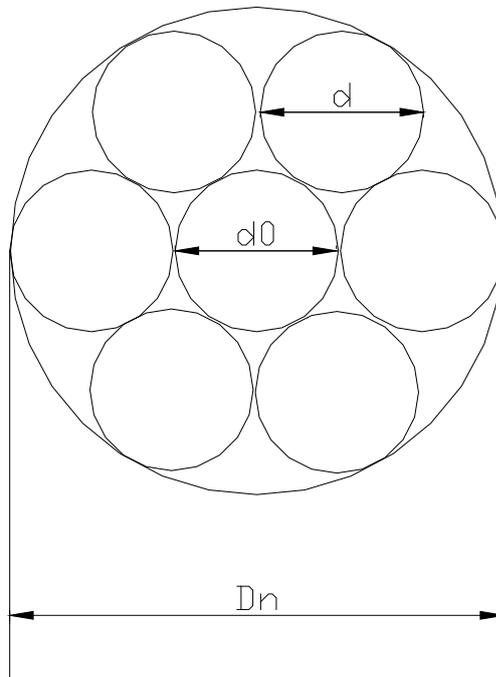


图3 1×7 结构钢绞线外形示意图

5.2 不同结构预应力钢绞线的公称直径、直径允许偏差、测量尺寸及测量尺寸允许偏差应分别符合表1、

表 2 和表 3 的规定。

表 1 1×2 结构钢绞线尺寸及允许偏差

钢绞线结构	公称直径, mm		钢绞线直径允许偏差, mm	钢绞线参考截面积 $S_n$ , mm <sup>2</sup>	每米钢绞线参考质量, g/m
	钢绞线直径 $D_n$	钢丝直径 d			
1×2	5.00	2.50	+0.15	9.82	77.1
	5.80	2.90	-0.05	13.2	104
	8.00	4.00	+0.25 -0.10	25.1	197
	10.00	5.00		39.3	309
	12.00	6.00		56.5	444

表 2 1×3 结构钢绞线尺寸及允许偏差

钢绞线结构	公称直径, mm		钢绞线测量尺寸 A, mm	测量尺寸 A 允许偏差, mm	钢绞线参考截面积 $S_n$ , mm <sup>2</sup>	每米钢绞线参考质量, g/m
	钢绞线直径 $D_n$	钢丝直径 d				
1×3	6.20	2.90	5.41	+0.15	19.8	155
	6.50	3.00	5.60	-0.05	21.2	166
	8.60	4.00	7.46	+0.20 -0.10	37.7	296
	8.74	4.05	7.56		38.6	303
	10.80	5.00	9.33		58.9	462
	12.90	6.00	11.2		84.8	666
1×3 I	8.74	4.05	7.56		38.6	303

表 3 1×7 结构钢绞线尺寸及允许偏差

钢绞线结构	公称直径 mm	直径允许偏差 mm	钢绞线公称截面积 mm <sup>2</sup>	每米钢绞线参考质量, g/m	中心钢丝直径加大范围不小于, %
1×7	9.50	+0.30	54.8	430	2.5
	11.10	-0.15	74.2	582	
	12.70	+0.40	98.7	775	
	15.20		140	1101	
	15.70	-0.20	150	1178	
	17.80		191	1500	
1×7 模拔型	12.70	+0.40	112	890	
	15.20	-0.20	165	1295	
	18.00		223	1750	

## 6 技术要求

### 6.1 力学性能

6.1.1 1×2 结构钢绞线的力学性能应符合表 6.1.1 的规定。

6.1.2 1×3 结构钢绞线的力学性能应符合表 6.1.2 的规定。

6.1.3 1×7 结构钢绞线的力学性能应符合表 6.1.3 的规定。

表 6.1.1 1×2 结构钢绞线的力学性能

钢绞线结构	钢绞线公称直径 $D_n$ mm	抗拉强度 $R_m$ MPa	整根钢绞线的最大力 $F_m$ kN	规定非比例延伸力 $F_{p0.2}$ kN	最大力总伸长率 ( $L_0 \geq 400$ mm) $A_{gt}$ %	应力松弛性能	
						初始负荷相当于公称最大力的百分数%	1000h 后应力松弛率 $r$ % 不大于
1×2	5.00	1570	15.4	13.9	对所有规格 3.5	60	1.0
		1720	16.9	15.2			
		1860	18.3	16.5			
		1960	19.2	17.3			
	5.80	1570	20.7	18.6			
		1720	22.7	20.4			
		1860	24.6	22.1			
		1960	25.9	23.3			
	8.00	1470	36.9	33.2			
		1570	39.4	35.5			
		1720	43.2	38.9			
		1860	46.7	42.0			
		1960	49.2	44.3			
	10.00	1470	57.8	52.0			
		1570	61.7	55.5			
		1720	67.6	60.8			
		1860	73.1	65.8			
		1960	77.0	69.3			
	12.00	1470	83.1	74.8			
		1570	88.7	79.8			
1720		97.2	87.5				
1860		105	94.5				
注：规定非比例延伸力 $F_{p0.2}$ 值不小于整根钢绞线公称最大力 $F_m$ 的 90%。							

表 6.1.2 1×3 结构钢绞线的力学性能

钢绞线结构	钢绞线公称直径 $D_n$ mm	抗拉强度 $R_m$ MPa	整根钢绞线的最大力 $F_m$ kN	规定非比例延伸力 $F_{p0.2}$ kN	最大力总伸长率 ( $L_0 \geq 400$ mm) $A_{gt}$ %	应力松弛性能	
						初始负荷相当于公称最大力的百分数%	1000h 后应力松弛率 $r$ % 不大于
1×3	6.20	1570	31.1	28.0	对所有规格 3.5	60	对所有规格
		1720	34.1	30.7			
		1860	36.8	33.1			
		1960	38.8	34.9			
	6.50	1570	33.3	30.0			

		1720	36.5	32.9		70	1.0					
		1860	39.4	35.5								
		1960	41.6	37.4								
	8.60		1470	55.4		49.9		80	2.5			
			1570	59.2		53.3						
			1720	64.8		58.3						
			1860	70.1		63.1						
			1960	73.9		66.5						
	8.74		1570	60.6		54.5				4.5		
			1670	64.5		58.1						
			1860	71.8		64.6						
	10.80		1470	86.6		77.9						
			1570	92.5		83.3						
			1720	101		90.9						
			1860	110		99.0						
			1960	115		104						
	12.90		1470	125		113						
			1570	133		120						
			1720	146		131						
			1860	158		142						
			1960	166		149						
1×3 I	8.74	1570	60.6	54.5								
		1670	64.5	58.1								
		1860	71.8	64.6								
注：规定非比例延伸力 $F_{p0.2}$ 值不小于整根钢绞线公称最大力 $F_m$ 的 90%。												

表 6.1.3 1×7 结构钢绞线的力学性能

钢绞线结构	钢绞线公称直径 $D_n$ mm	抗拉强度 $R_m$ MPa	整根钢绞线的最大力 $F_m$ kN	规定非比例延伸力 $F_{p0.2}$ kN	最大力总伸长率 ( $L_0 \geq 500$ mm) $A_{gt}$ %	应力松弛性能	
						初始负荷相当于公称最大力的百分数%	1000h 后应力松弛率 $r$ % 不大于
1×7	9.50	1720	94.3	84.9	对所有规格 3.5	对所有规格	对所有规格
		1860	102	91.8			
		1960	107	96.3			
	11.10	1720	128	115			
		1860	138	124			
		1960	145	131			
					60	1.0	

	12.70	1720	170	153		70	2.5	
		1860	184	166				
		1960	193	174				
	15.20	1470	206	185		80	4.5	
		1570	220	198				
		1670	234	211				
		1720	241	217				
		1860	260	234				
		1960	274	247				
	15.70	1770	266	239				
		1860	279	251				
	17.80	1720	327	294				
		1860	353	318				
	(1×7)C	12.70	1860	208		187		
		15.20	1820	300		270		
18.00		1720	384	346				
注：规定非比例延伸力 $F_{p0.2}$ 值不小于整根钢绞线公称最大力 $F_m$ 的 90%。								

6.1.4 供方每一交货批钢绞线的实际强度不能高于其抗拉强度级别 200MPa。

6.1.5 钢绞线弹性模量为  $(195 \pm 10)$  GPa，但不作为交货条件。

6.1.6 根据供货协议，可以提供表 6.1.1~6.1.3 以外的强度级别的钢绞线。

6.1.7 允许使用推算法确定 1000h 松弛率。

## 6.2 表面质量

6.2.1 除非需方有特殊要求，钢绞线表面不得有油、润滑脂等物质。钢绞线允许有轻微的浮锈，但不得有目视可见的锈蚀麻坑。

6.2.2 钢绞线表面允许存在回火颜色。

## 6.3 钢绞线的伸直性

取弦长为 1m 的钢绞线，放在一平面上，其弦与弧内侧最大自然矢高不大于 25mm。

## 6.4 疲劳性能和偏斜拉伸性能

经供需双方协商，并在合同中注明，可对产品进行疲劳性能试验的偏斜拉伸试验。

# 7 试验内容及方法

## 7.1 表面检验

表面质量用目测检查。

## 7.2 尺寸检验

钢绞线的直径应用分度值为 0.02mm 的量具测量。钢绞线的尺寸和捻距。1×2 钢绞线的直径测量应测

定图 1 所示的  $D_n$  值,  $1 \times 3$  钢绞线的直径测量应测定图 2 所示的 A 值,  $1 \times 7$  钢绞线的直径测量应以横穿直径方向的相对两根外层钢丝为准, 如图 3 所示  $D_n$  值, 并在同一截面不同方向上测量两次。

### 7.3 每米质量测量

钢绞线每米质量测量应采用如下方法: 取 3 根长度不小于 1m 的钢绞线, 每根钢绞线长度测量精确到 1mm。称量每根钢绞线的质量, 精确到 1g, 然后按下式计算钢绞线的每米质量。

$$M = \frac{m}{L}$$

式中:

M—钢绞线每米质量, 单位 (g/m);

m—钢绞线质量, 单位 (g);

L—钢绞线长度, 单位 (m)。

实测单重取 3 个计算值的平均值。

### 7.4 拉伸试验

#### 7.4.1 试验设备的准确度

试验机应按照 GB/T16825 要求, 定期进行校准, 并应为 1 级或优于 1 级准确度。

引伸计的准确度级别应符合 GB/T12160 的要求, 并定期进行校准。测定规定非比例延伸力应使用不劣于 1 级准确度的引伸计; 测定其他具有较大延伸率的性能, 例如抗拉强度、最大力总伸长率以及断后伸长率等, 应使用不劣于 2 级准确度的引伸计。

试验机上、下工作台之间的距离测量应用精度不小于 0.1mm 的长度测量尺或游标卡尺。

#### 7.4.2 试验速率

测定规定非比例延伸力时, 应力速率应在  $6 \sim 60 \text{ (N/mm}^2\text{)} \cdot \text{s}^{-1}$  范围内, 测定抗拉强度时, 应变速率不应超过 0.008/s。

#### 7.4.3 最大力

整根钢绞线的最大力试验按《金属拉伸试验方法》GB/T228 的规定进行。如试样在夹头内和距钳口 2 倍钢绞线公称直径内断裂达不到本标准性能要求时, 试验无效。计算抗拉强度时取钢绞线的参考截面积值。

#### 7.4.4 规定非比例延伸力

钢绞线规定非比例延伸力采用的是引伸计标距的非比例延伸达到原始标距 0.2% 时所受的力 ( $F_{p0.2}$ )。为便于供货日常检验, 也可以测定规定总延伸达到原始标距 1% 的力 ( $F_H$ ), 其值符合本标准规定的  $F_{p0.2}$  值时可以交货, 但仲裁试验时测定  $F_{p0.2}$ 。测定  $F_{p0.2}$  的  $F_H$  时, 预加负荷为规定非比例延伸力的 10%。

#### 7.4.5 最大力总伸长率

最大力总伸长率  $A_{gt}$  的测定按 GB/T228 规定进行。使用计算机采集数据或使用电子拉伸设备测量伸长率时, 预加负荷对试样所产生的伸长率应加在总伸长内。测定钢绞线伸长率时,  $1 \times 7$  结构钢绞线的标距不小于 500mm;  $1 \times 2$  和  $1 \times 3$  结构钢绞线的标距不小于 400mm。

在测定总伸长为 1% 时的负荷后, 卸下引伸计, 标明试验机上下工作台之间的距离  $L_1$ , 然后继续加荷直到钢绞线的一根或几根钢丝破坏, 此时标明上、下工作台的最终距离  $L_2$ ,  $L_2 - L_1$  的值与  $L_1$  比值的百分数, 加上引伸计测得的 1.0% 即为钢绞线的伸长率。

如果任何一根钢丝破坏之前, 钢绞线的伸长率已达到所规定的要求, 此时可以不继续测定最后伸长率的值。如因夹具原因产生剪切断裂, 所得最大负荷及延伸未满足标准要求, 试验是无效的。

#### 7.4.6 测定结果数值修约

最大力除以试验钢绞线参考截面积得到抗拉强度, 数值修约间隔为  $10 \text{ N/mm}^2$ ;

最大力总伸长率  $A_{gt}$ ，数值修约间隔为 0.5%。

## 7.5 应力松弛性能试验

- 7.5.1 钢绞线的应力松弛性能试验应按 GB/T10120 的规定进行。
- 7.5.2 试验期间，试样的环境温度应保持在  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  内。
- 7.5.3 试验标距长度不小于公称直径的 60 倍。
- 7.5.4 试样制备后不得进行任何热处理和冷加工。
- 7.5.5 初始负荷应在 3min~5min 内均匀施加完毕，持荷 1min 后开始记录松弛值。
- 7.5.6 允许用至少 100h 的测试数据推算 1000h 的松弛率值。

## 7.6 疲劳试验

- 7.6.1 疲劳试验所用试样是成品钢绞线上直接截取的试样，试样长度应保证两夹具之间的距离不小于 500mm。
- 7.6.2 钢绞线应能经受  $2 \times 10^6$  次  $0.7F_m \sim (0.7F_m - 2\Delta F_a)$  脉动负荷后而不断裂。

$$2\Delta F_a/S_n = 195\text{MPa}$$

式中： $F_m$ ——钢绞线的公称最大力，单位为牛顿（N）；

$2\Delta F_a$ ——应力范围（两倍应力幅）的等效负荷值，单位为牛顿（N）；

$S_n$ ——钢绞线的参考截面积，单位为平方毫米（ $\text{mm}^2$ ）。

- 7.6.3 在试验的全过程中，脉动拉伸的最大应力保持恒定应力的静态测量误差应不大于  $\pm 1\%$ 。
- 7.6.4 应力循环频率不能超过 120Hz。
- 7.6.5 所有应力都沿着轴向传递给试样，应无钳口和缺口影响，且应有一个相应的装置能限定夹头中试样的任何滑移。
- 7.6.6 由于缺口影响或局部过热引起试样在夹头内和夹持区域内（2 倍钢绞线公称直径）断裂时试验无效。
- 7.6.7 试验过程中，试件温度不得超过  $40^{\circ}\text{C}$ ，试验室环境温度在  $18^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

## 7.7 偏斜拉伸试验

### 7.7.1 试验原理

本试验适用于直径大于等于 12.5mm 的钢绞线。将钢绞线固定在偏斜装置上与直线成 20 度角进行拉伸试验，直到至少一根单丝破断，测量其破断力与轴向拉伸最大力的比值。

### 7.7.2 样品与试样

用于偏斜拉伸的试样应从力学性能合格的样品上一次截取相当于 12 根试样的长度。两端各取 1 根进行轴向拉伸试验确定钢绞线的最大力。其余再截成 10 根用于偏斜拉伸试验。

注：7 个有效的试验结果就可以计算出偏斜系数，但考虑到有无效试验情况，建议至少取 10 根试样。

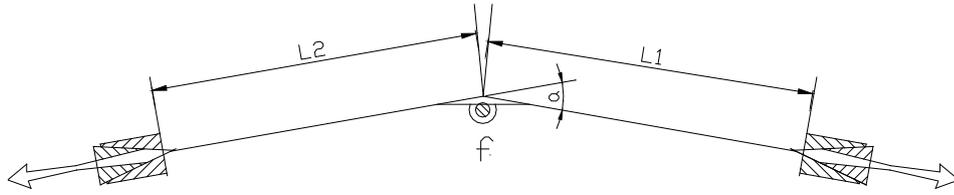
### 7.7.3 试样长度应满足试样进行拉伸和锚固用。

### 7.7.4 试样除被切割外不能进行任何的加工处理。

### 7.7.5 试验设备

1 概述：试验机应具有刚性机架，以满足本标准规定的试验要求。试验机包括一个固定锚固夹头和带测力装置的活动锚固夹头，一个加载装置和一个带凹槽的心轴。

2 试验设备尺寸：试验装置的尺寸应符合图 7.7.5-1 和表 7.7.5-1 的规定。



各部分代号及说明：f——心轴；a——固定端；b——锚夹头。

$L_1=700\text{mm}\pm 50\text{mm}$ ； $L_2\geq 750\text{mm}$

图 7.7.5-1 偏斜拉伸试验装置

表 7.7.5-1 夹片的位移量

最大力的百分比	允许最大位移量
从 0% 到破断	5mm
从 50% $F_m$ 到破断	2.5mm
注：在试验之前楔形夹片应进行研磨	

3 夹具：试样两端向中心线应垂直于锚固夹头的轴承平面，不正确的设计尺寸和定位会出现错误的试验结果。锚固夹头应满足下列要求：

- 用这组夹具进行轴向拉伸试验时应达到常规拉伸试验最大力  $F_m$  的 95% 以上；
- 偏斜拉伸试验中，在 90% 最大力  $F_m$  时中心钢丝与外层钢丝的相对移量应小于 0.5mm；
- 夹片与锚固夹胎之间的位移应小于表 7.7.5-1 中给出的值；
- 在试验过程中楔形夹片与锚固夹胎之间应该是扣紧的，无任何活动；
- 夹片的最小齿长为钢绞线直径的 2.5 至 3 倍。

4 心轴：心轴应用工具钢制造。其化学成分、显微组织及热处理应使其具有高韧性和高耐磨性能，表面性能应达到 58~62HRC。心轴尺寸应符合规定。心轴应刚性固定不能有任何旋转和移动。

注 1：心轴凹槽精加工的精度应达到 n7。

注 2：表面粗糙度最大值为  $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

5 加载装置：加载设备最好有测力传感器，误差应不大于  $\pm 1\%$ ，力值读数应大于满量程的 10%。加载频率应可调节，试验期间应控制加载速度，载荷在 0~50% $F_m$  范围内加载速度应控制在 30MPa/s，载荷在 50% $F_m$ ~100% $F_m$  范围内加载速度应控制在 60MPa/s。

#### 7.7.6 试验：

1 试验前心轴凹槽表面应仔细清理，如钢绞线有轻微弯曲，曲率应与偏斜方向一致。加载之前安装锚具过程中应正确调整钢绞线。加载期间钢绞线与夹片之间不能有任何滑移，以验证锚固效果；

2 加载速度见 7.7.5-5；

3 当钢绞线的一根或多根钢丝不在心轴位置破断时，试验无效；

4 有效试验的  $F_{ai}$  应按 7.7.5-5 要求精确的记录，对应的偏斜拉伸系数  $D_i$  可按下式进行计算：

$$D_i = (1 - F_{ai}/F_m) 100\%$$

5 去掉最大值和最小值，D 值应取  $D_i$  的平均值。

$$D = 1/5 \sum_{i=1}^5 D_i$$

#### 7.7.7 判定：

1 一般用途的钢绞线其偏斜拉伸系数应为  $D \leq 28\%$ ；

2 用于斜拉索的钢绞线其偏斜拉伸系数应为  $D \leq 20\%$ 。