

## 前 言

本标准非等效采用国际标准 ISO 2020:1984《飞机用操纵用钢丝绳》。

在主要技术内容上,1.6 mm~9.5 mm 直径钢丝绳部分采用 ISO 2020:1984,>9.5 mm~<60 mm 直径钢丝绳部分采用前苏联 ГОСТ 5031—49《钢丝绳弯曲疲劳试验机》和 5032—49《普通起重钢丝绳疲劳试验法》。

与原标准比较,适用范围拓宽到  $\phi 60$  mm 以下普通直径钢丝绳,疲劳机型分为 5 种,基本覆盖了普遍使用的钢丝绳疲劳试验。

本标准自 1997-03-01 实施之日起代替 GB/T 12347—90。

本标准的附录 A 是提示的附录。

本标准由冶金工业部提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会归口。

本标准由冶金部金属制品研究院负责起草。

本标准主要起草人:朱永刚、刘桂森。

本标准于 1990 年 5 月首次发布。

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 12347—1996  
neq ISO 2020:1984

## 钢丝绳弯曲疲劳试验方法

代替 GB/T 12347—90

Steel wire rope—Bending fatigue testing

### 1 范围

本标准规定了钢丝绳弯曲疲劳试验的范围、术语、试验机、试样、试验程序及试验报告。  
本标准适用于直径 60 mm 以下钢丝绳在规定条件下的反复弯曲疲劳试验。

### 2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

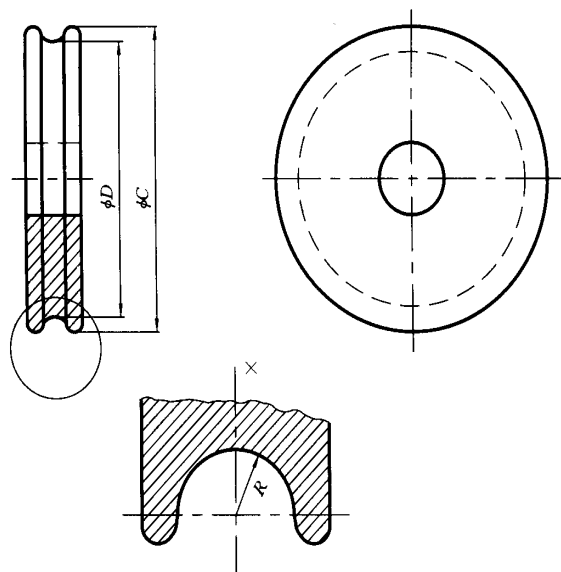
GB/T 8901—88 飞机操纵用钢丝绳

GB/T 8902—88 航空用钢丝绳

GB/T 9944—88 不锈钢钢丝绳

### 3 定义

- 3.1 平面单向弯曲疲劳:试样在同一平面内通过弯曲滑轮向一个方向弯曲 90°的疲劳试验。
- 3.2 平面双向弯曲疲劳(即 S 型弯曲疲劳):试样在同一平面内通过弯曲滑轮组向一个方向弯曲 90°,再反方向弯曲 90°的疲劳试验。
- 3.3 有效长度:钢丝绳弯曲疲劳试验中,通过弯曲滑轮进行 90°平面单向弯曲或 180°平面双向弯曲的承受疲劳的那一段钢丝绳长度。
- 3.4 主动轮:弯曲疲劳试验机上,可左右转动一定弧度,带动试样在有效长度内反复弯曲运动的滑轮或鼓轮。
- 3.5 弯曲滑轮:弯曲疲劳试验机上,在主动轮带动下,使试样反复弯曲 90°或 180°的滑轮。它是疲劳试验机中关键部件,其轮槽形状如图 1 所示。
- 3.6 载荷动滑轮:立式结构疲劳试验机上,挂在试样上的滑轮。它与荷重一起,使试样承受规定的张力值。



$D$ —弯曲滑轮直径,mm; $C$ —弯曲滑轮外径,mm;  
 $R$ —轮槽半径,mm

图 1 弯曲滑轮及轮槽形状示意图

#### 4 试验机

4.1 试验机主要由主动轮、弯曲滑轮、载荷动滑轮、计数器等部分组成。

4.2 根据钢丝绳直径的不同,钢丝绳弯曲疲劳机分为以下 5 种类型:

4.2.1 A 型,即采用平面双向弯曲箱式结构的 S 型弯曲疲劳机,如图 2 所示,适用于直径 0.2 mm~1.5 mm 的微型钢丝绳,在规定条件下双向反复弯曲疲劳试验。主要结构参数如下:

a) 用传动轴带动主动轮作往复运动,主动轮直径为 300 mm,摆动角度为  $90^\circ$ ,使试样在 240 mm 的有效长度内往复移动,承受平面双向弯曲。

b) 弯曲滑轮直径为 6 mm, 8 mm, 12 mm, 20 mm(详见表 1),使试样在有效长度内每分钟平面双向反复弯曲 60 次。

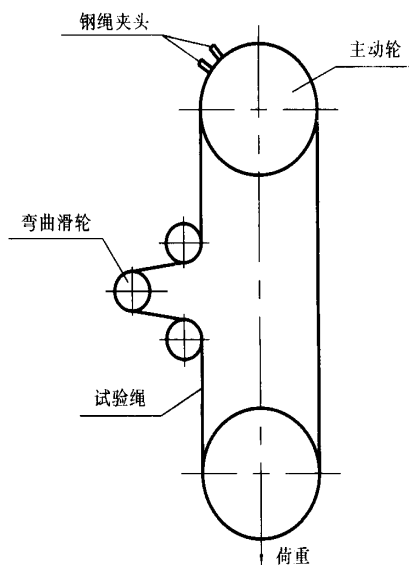


图 2 A 型箱式结构疲劳机原理图

表 1 A 型疲劳机弯曲滑轮尺寸

mm

序 号	钢丝绳公称直径 $d$	滑轮外径 $C_0^{+0.05}$	弯曲滑轮直径 $D_0^{+0.03}$	轮槽半径 $R_0^{+0.01}$
1	>0.2~0.4	7.0	6.0	0.20
2	>0.4~0.6	9.5	8.0	0.29
3	>0.6~1.0	14.4	12.0	0.47
4	>1.0~1.5	23.8	20.0	0.73

c) 载荷动滑轮,它与配重一起使试样承受最大张力为 120 N。

4.2.2 B 型,即采用平面单向弯曲立式结构的疲劳机,如图 3 所示,适用于直径 1.6 mm~9.5 mm 的细直径钢丝绳,在规定条件下单向反复弯曲疲劳试验。主要结构参数如下:

a) 用传动轴带动主动轮作往复运动,主动轮直径为 400 mm,摆动角度为 100°,使试样在 350 mm 有效长度内往复移动,承受平面单向弯曲。

b) 弯曲滑轮直径从 19.05 mm 到 90.49 mm 一组共 19 个,(详见表 2),使试样在有效长度内每分钟平面单向反复弯曲 60 次。

c) 载荷动滑轮,它与配重一起,可使试样承受最大张力为 535 N。

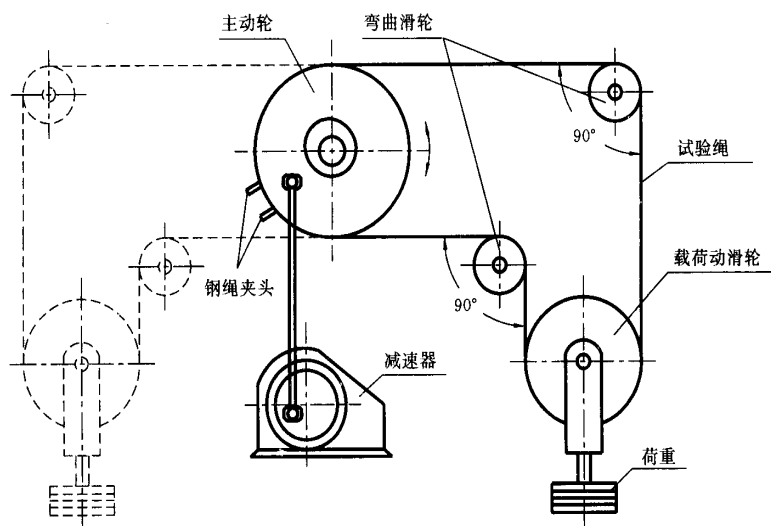


图 3 B 型立式结构疲劳机示意图

表 2 B 型疲劳机弯曲滑轮尺寸

mm

序 号	钢丝绳公称直径 $d$	滑轮外径 $C_0^{+0.5}$	弯曲滑轮直径 $D_0^{+0.13}$	轮槽半径 $R_0^{0.05}$
1	1.6	24	19.05	0.91
2	2.15	32	22	1.25
3	2.4	24	16.67	1.32
		36	28.58	
4	2.5	32	22	1.45
5	3.0			1.75
6	3.05			
7	3.2			22.22

表 2(完)

mm

序 号	钢丝绳公称直径 $d$	滑轮外径 $C^{+0.5}$	弯曲滑轮直径 $D_0^{+0.13}$	轮槽半径 $R_0^{0.05}$
8	3.6	50	35	2.09
9	4.0		37.69	2.20
10	4.2	55	40	2.44
11	4.5	70	45	2.61
12	4.8		45.24	2.60
13	5.1	70	50	2.96
14	5.6		52.78	3.00
15	6.0	80	55	3.48
16	6.2			3.60
17	6.4		60.32	3.40
18	8.0	100	75.40	4.24
19	9.5	120	90.49	5.08

4.2.3 C型,即采用平面单向弯曲的立式或卧式结构的疲劳机,如图4、图5所示,适用于直径10 mm~20 mm的普通直径钢丝绳,在规定条件下单向反复弯曲疲劳试验。主要结构参数如下:

a) 用传动轴带动主动轮作往复运动,主动轮直径为700 mm,摆动角度为 $88^\circ$ ,使试样在540 mm的有效长度内往复移动,承受平面单向弯曲。

b) 弯曲滑轮直径为300 mm、400 mm、500 mm、600 mm、700 mm,(详见表3),使试样在有效长度内每分钟平面单向反复弯曲45次。

c) 采用杠杆式机械或荷重加载,使试样承受最大张力为50 kN。

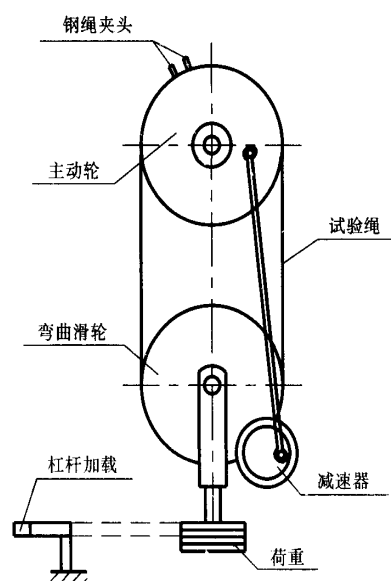


图4 C、D型立式结构疲劳机示意图

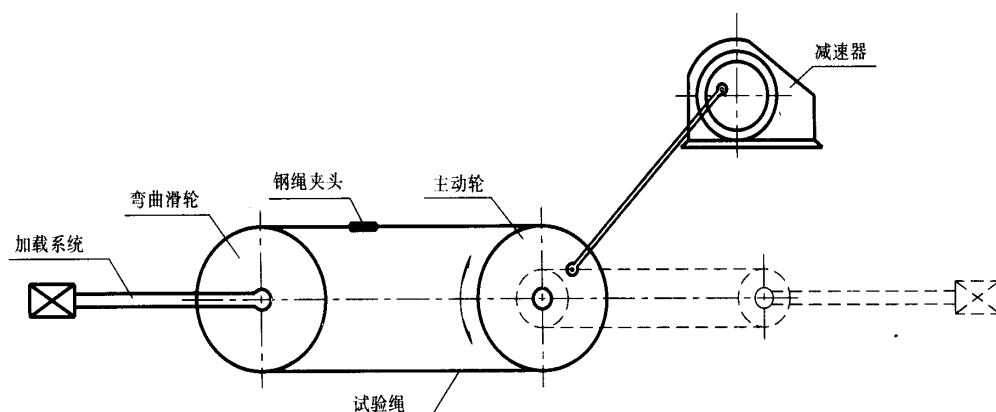


图 5 C、D、E 型卧式结构疲劳机示意图

4.2.4 D 型,即采用平面单向弯曲立式或卧式结构的疲劳机,如图 4、图 5 所示,适用于直径 20 mm~30 mm 的普通直径钢丝绳,在规定条件下单向反复弯曲疲劳试验。主要结构参数如下:

a) 用传动轴带动主动轮作往复运动,主动轮直径为 1 500 mm,摆动角度为 88°,使试样在 1 150 mm 的有效长度内往复移动,承受平面单向弯曲。

表 3 C、D、E 型疲劳机弯曲滑轮尺寸 mm

序 号	滑轮外径 $C_{-2\%}^0$	弯曲滑轮直径 $D_0^{+1\%}$	轮槽半径 $R$
1	380	300	$6.6_0^{+1.6}$
2	480	400	$7.7_0^{+1.0}$
3	560	500	$11.0_0^{+1.0}$
4	660	600	$12.1_0^{+1.0}$
5	780	700	$15.4_0^{+1.5}$
6	880	800	$13.0_0^{+1.0}$
7	970	900	$14.3_0^{+1.0}$
8	1 180	1 100	$12.6_0^{+1.0}$
9	1 270	1 200	$13.2_0^{+1.0}$
10	1 600	1 500	$16.5_0^{+1.5}$
11	2 120	2 000	$22.0_0^{+1.5}$
12	2 660	2 500	$26.5_0^{+1.5}$
13	3 200	3 000	$32.0_0^{+1.5}$

b) 弯曲滑轮直径为 600 mm、700 mm、800 mm、900 mm、1 100 mm、1 200 mm、1 500 mm,(详见表 3),使试样在有效长度内每分钟平面单向反复弯曲 30 次。

c) 采用杠杆式机械或荷重加载,使试样承受最大张力为 100 kN。

4.2.5 E 型,即采用平面单向弯曲的卧式结构疲劳机,如图 5 所示,适用于直径 31 mm~60 mm 的普通直径钢丝绳,在规定条件下单向反复弯曲的疲劳试验。主要结构参数如下:

a) 用传动轴带动主动轮作往复移动,主动轮直径为 3 000 mm,摆角度为 110°,使试样在 2 880 mm 的有效长度内往复移动,承受平面单向弯曲。

b) 弯曲滑轮直径为 1 500 mm、2 000 mm、2 500 mm、3 000 mm,(详见表 3),使试样在有效长度内每分钟平面单向反复弯曲 20 次。

c) 采用杠杆式机械或液压加载,使试样承受最大张力为 400 kN。

4.3 弯曲滑轮 A、B 型硬度不低于 60HRC,C、D、E 型硬度不低于 40HRC。

4.4 弯曲滑轮轮槽的表面粗糙度  $R_a$  应小于 0.8  $\mu\text{m}$ 。

4.5 弯曲滑轮轮槽底中心线与主动轮轮槽中心线应位于同一平面上,避免遭受摩擦。

## 5 试样

5.1 试样应从外观检查合格的钢丝绳上截取,A、B 型疲劳机,试样最小长度 3 m。C、D、E 型疲劳机,试样最小长度根据弯曲滑轮直径、立式或卧式结构按表 4 选取。

表 4 C、D、E 型疲劳机试样最小长度 mm

弯曲滑轮直径		300	400	500	600	700	800	900	1 100	1 200	1 500	2 000	2 500	3 000
试样 长度	立式	5 500	5 660	5 800	6 000	6 100	7 550	7 700	8 000	8 200	8 700	—	—	—
	卧式	7 000	7 160	7 300	7 450	7 600	9 050	9 200	9 500	9 700	10 200	13 400	14 200	15 000

5.2 试样两端在截取之前,应用软金属丝或专用夹头固紧。

5.3 试验前,应用沾有煤油或其他溶剂的棉纱将试样表面上的油污擦掉,但允许钢丝绳股间存在少量油脂。

## 6 试验程序

6.1 在一般情况下,试验应在 10℃~35℃ 的室温下进行。如有特殊要求,试验温度为 23±5℃。

### 6.2 试验参数的选定

#### 6.2.1 A 型疲劳机试验参数的选定

根据表 1,不同直径的试样选择不同的弯曲滑轮,试样上所加张力为 1% 试样最小破断拉力值。

#### 6.2.2 B 型疲劳机试验参数的选定

根据表 2,不同直径的试样选择不同的弯曲滑轮,试样上所加张力依据相应的产品标准 GB/T 8901,GB/T 8902,GB/T 9944 的规定。

#### 6.2.3 C、D、E 型疲劳机试验参数的选定

##### 6.2.3.1 弯曲滑轮及主动轮直径

根据钢丝绳的不同用途,由表 5 确定  $D/d$  值,表 6 确定弯曲滑轮直径及主动轮直径。

表 5  $D/d$  及 K 值选用表

钢丝绳用途	$D/d$	K
用于吊车及起重机	25	6
用于矿井之机器(载重)	50	6
用于客运升降机	35	9

注: K 指安全系数,  $D$  指弯曲滑轮直径,  $d$  指钢丝绳直径。

表6 C、D、E型疲劳机弯曲滑轮及主动轮直径选用表

mm

主动轮 $d$	700			700 或 1 500		1 500				1 500 或 3 000	3 000			
	$D/d$	300	400	500	600	700	800	900	1 100	1 200	1 500	2 000	2 500	3 000
25		11~13	14~17	18~21	22~25	26~29								
35			11~13	14~15	16~18	19~21	22~25	26~30						
50					11~12	13~14	15~16	17~20	21~23	24~27	28~30	31~44	45~54	55~60

注

- 1 E型疲劳机仅适用于矿井提升用钢丝绳,故  $D/d$  值取 50。
- 2 中间尺寸的钢丝绳,按相邻较大规格的钢丝绳对应的弯曲滑轮选取。

## 6.2.3.2 张力

根据试样的最小破断拉力值及表 5 确定的 K 值,按以下公式计算试样施加的张力值。

$$F' = \frac{F}{K}$$

式中:  $F$ ——试样的最小破断拉力值,单位,kN;

$F'$ ——试样施加的张力值,单位,kN。

6.3 试验前应检查弯曲滑轮槽的表面,不得有严重的磨痕和损伤。

6.4 试样及弯曲滑轮槽内,应清洁干净,不得涂油,但在试验过程中由绳芯挤出的油是允许的。

6.5 根据所选取的试验参数,将试样安装到试验机上,固定接头,并标记有效长度,然后施加张力,确保试样承受两倍规定张力值。

6.6 启动电源,计数器复位回“零”,并开始计数。主动轮向一个方向转动一次,试样平面单向弯曲或双向弯曲一次,即一次计数。

6.7 试验初期,对于液压式加载或机械加载的疲劳机,试样张力有波动,应不断调整,使其波动偏差保持在规定值的 $\pm 3\%$ 范围内。

6.8 试验过程一般不应中断,但下列情况允许中途停机:

6.8.1 如检查钢丝绳出现第一根断丝,但不超过 10 min;

6.8.2 如疲劳机同时试验几根试样,允许停机取下试验完成的试样,但不得超过 30 min;

6.8.3 如检查钢丝绳是否达到规定断丝根数,每次不得超过 10 min。

6.9 根据有关标准或协议,试验至下列情况停机:

6.9.1 试样第一根钢丝断裂;

6.9.2 试样一股或全部破断;

6.9.3 试样一捻距内断丝根数达到规定值;

6.9.4 试样弯曲疲劳次数达到规定值。

## 7 试验报告

试验报告应包括下列内容:

a) 本标准号;

b) 试样标记(规格、结构、表面状态、强度及产品标准代号);

c) 试验条件(疲劳机型、试样长度、主动轮直径、弯曲滑轮直径、轮槽半径、张力、摆动频率、摆动角



度,试验环境温度等);

d) 试验结果(第一根钢丝断裂时弯曲疲劳次数或试样一股或全部破断时弯曲疲劳次数或一捻距内断数达规定值时弯曲疲劳次数或规定的弯曲疲劳次数等)。

**附录 A**  
(提示的附录)  
**钢丝绳弯曲疲劳至部分破断时的  
最小弯曲疲劳次数**

A1 本附录适用于 GB/T 8918 中 6×19+NF, 6×37+NF, 6×19S+NF, 6×19W+NF, 直径在 10 mm ~60 mm 交互捻钢丝绳, 在规定条件下承受平面单向反复弯曲至部分破断时的最小弯曲疲劳次数。

A2 钢丝绳经反复弯曲疲劳后, 每捻距长度内允许的破断钢丝数应符合表 A1 的规定。

表 A1 钢丝绳每捻距长度内允许破断钢丝数

钢丝绳用途	钢丝绳结构			
	6×19+NF	6×37+NF	6×19S+NF	6×19W+NF
用于吊车及起重机	12	22	6	6
用于矿井起重机	12	22	6	6
用客运升降机	14	23	7	7

A3 钢丝绳弯曲疲劳至部分破断时的最小弯曲疲劳次数  $Z$  应符合表 A2 的规定。表中系数  $m$  可由下列公式测定:

$$m = \frac{9.8(D/d - 8)}{\sigma C_1 C_2} \dots\dots\dots (A1)$$

式中:  $\sigma$ ——钢丝绳中钢丝有效抗拉强度, MPa;

$C_1$ ——与钢丝绳公称抗拉强度及其结构有关的系数, 其值由表 A3 给出;

$C_2$ ——与钢丝绳直径有关的系数, 其值由表 A4 给出。

A4 钢丝有效抗拉强度是指疲劳过程中钢丝绳内钢丝实际承受的抗拉强度, 其计算公式是:

$$\sigma = \frac{F'}{S} \dots\dots\dots (A2)$$

式中:  $\sigma$ ——钢丝有效抗拉强度, 单位, MPa;

$S$ ——钢丝绳中钢丝总断面积, 单位, mm<sup>2</sup>。

A5 经疲劳试验后的钢丝绳(符合规定断丝数及弯曲疲劳次数), 其有效长度部位破断拉力应不小于疲劳前破断拉力的 50%。

表 A2 部分破断时钢丝绳最小弯曲疲劳次数  $Z$

$m$	0.25	0.4	0.55	0.7	0.85	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
$Z$	20 000	33 600	47 200	61 600	77 600	94 400	106 400	118 400	130 400	138 400
$m$	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
$Z$	155 200	168 000	181 600	196 000	211 200	227 200	244 000	261 600	280 000	298 400
$m$	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.3	3.5	3.8	4.15
$Z$	316 800	335 200	354 400	373 600	392 800	432 000	472 800	515 200	581 600	661 600

注:  $Z$  中间值可以用内插法测定。

表 A3 系数  $C_1$

钢丝绳公称 抗拉强度, MPa	钢丝绳结构			
	6×19+NF	6×37+NF	6×19S+NF	6×19W+NF
1 370	1.05	1.1	0.79	0.67
1 470	1.03	1.08	0.77	0.65
1 570	1.00	1.06	0.75	0.63
1 670	0.97	1.04	0.73	0.61
1 770	0.95	1.02	0.70	0.59
1 860	0.96	1.03	0.71	0.80
1 960	0.98	1.04	0.73	0.61

表 A4 系数  $C_2$

钢丝绳直径 mm	9.5~10.5	11~14.5	15~17.5	18~19	19.5~24.5
$C_2$	0.89	0.93	0.97	1.00	1.04
钢丝绳直径 mm	25~28.5	29~36	36.5~45	45.5~58	58.5~60
$C_2$	1.09	1.16	1.23	1.30	1.37

A6 举例

试验直径为 30 mm 矿井起重钢丝绳的疲劳性能按 GB/T 8918 结构为 6×37+NF, 钢丝绳公称抗拉强度为 1 570 MPa, 捻法为交互捻。

a) 弯曲滑轮及主动轮的选择

根据表 5,  $D/d=50$ , 所以弯曲滑轮  $D=50 \times 30 \text{ mm}=1 500 \text{ mm}$

又由表 6, 主动轮选 1 500 mm。

b) 钢丝绳施加张力  $S$  的计算

按 6.2.3.2,  $F' = \frac{F}{K}$  因为  $F=416.8 \text{ kN}$  (按 GB/T 8918)

$K=6$  (按表 5), 所以

$$F' = \frac{416.8 \text{ kN}}{6} = 69.5 \text{ kN}.$$

c) 钢丝有效抗拉强度的计算

$\sigma = \frac{F'}{S}$  因为  $S=341.57 \text{ mm}^2$  (按 GB/T 8918)

$$\text{所以 } \sigma = \frac{69 500 \text{ N}}{341.57 \text{ mm}^2} = 203 \text{ MPa}.$$

d) 系数  $m$  的计算

$$m = \frac{9.8(D/d-8)}{\sigma C_1 C_2}$$

因为  $C_1=1.06$  (按表 A3),  $C_2=1.16$  (按表 A4), 所以

$$m = \frac{9.8 \left( \frac{1\,500}{30} - 8 \right)}{203 \times 1.06 \times 1.16} = 1.65。$$

e) 部分破断时钢丝绳最小弯曲疲劳次数  $Z$  的计算

按表 A2, 利用内插法得出  $Z=174\,800$ 。

f) 疲劳后有效长度部位破断拉力的计算

$$0.5 \times 416.8 \text{ kN} = 208.4 \text{ kN}$$

也就是说, 将试样置于弯曲滑轮直径为 1 500 mm, 主动轮直径为 1 500 mm 的 D 型疲劳机上给试样施加 69.5 kN 的张力, 使试样平面单向弯曲 174 800 次后, 如果钢丝绳每捻距长度内的破断钢丝数不超过 21 根 (按表 A1), 疲劳后钢丝绳有效长度部位破断拉力值不小于 208.4 kN, 则认为该钢丝绳合格。