

前 言

本标准为首次提出的我国城镇建设行业标准。

本标准制订过程中参照采用了下列国外先进标准：

ISO 6934-2:1991 预应力混凝土用钢材 第二部分 冷拔钢丝

ISO 1099:1975 金属轴向疲劳试验

BS 5896:1980 预应力混凝土用高强度钢丝和钢绞线

ASTM A421—80 预应力混凝土用无涂层消除应力钢丝

BS 4447:1973 后张结构中预应力锚具技术条件

FIP 后张预应力体系的验收和应用建议

FIP 预应力钢筋的检验、供应和验收建议

斜拉索的设计和试验建议

本标准由建设部标准定额研究所提出。

本标准由建设部北京市市政设计研究院归口。

本标准由上海市市政工程设计研究院负责起草,上海电缆研究所,上海浦江缆索股份有限公司参加编制。

本标准主要起草人:王心方、翁思熔、毛庆传、余云龙。

本标准委托上海市市政工程设计研究院负责解释。

中华人民共和国城镇建设行业标准

塑料护套半平行钢丝拉索

CJ 3058—1996

Semi-parallel wire stay cable
with tightly covered plastic sheath

1 范围

本标准规定了塑料护套半平行钢丝拉索的构造、规格系列、技术条件、试验方法、检验规则、产品标志、包装、运输与贮存。

本标准适用于城市道路及公路斜拉桥的拉索,其他工程结构的拉索可以参照使用。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过本标准的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 231—84 金属布氏硬度试验方法
- GB 238—84 金属线材反复弯曲试验方法
- GB 699—88 优质碳素结构钢技术条件
- GB 1033—86 塑料密度和相对密度试验方法
- GB/T 1040—92 塑料拉伸性能试验方法
- GB/T 1043—93 硬质塑料简支梁冲击试验方法
- GB 1586—79 金属材料杨氏模量测量方法
- GB 1633—79 热塑性塑料软化点(维卡)试验方法
- GB/T 1842—80 聚乙烯环境应力开裂试验方法
- GB 2411—80 塑料邵氏硬度试验方法
- GB 2951.3—82 电线电缆 护套厚度测量方法
- GB 2951.4—82 电线电缆 外径测量方法
- GB 2951.6—82 电线电缆 护套机械性能试验方法
- GB/T 2972—91 镀锌钢丝锌层硫酸铜试验方法
- GB/T 2973—91 镀锌钢丝锌层重量试验方法
- GB 2976—88 金属线材缠绕试验方法
- GB 3077—88 合金结构钢技术条件
- GB 3682—83 热塑性塑料熔体流动速率试验方法
- GB/T 4162—91 锻轧钢棒超声波检验方法
- GB 5223—85 预应力混凝土用钢丝
- GB 5470—85 塑料冲击脆化温度试验方法
- GB 5796.1—86 梯形螺纹 牙型
- GB/T 7141—92 塑料热空气暴露试验方法

中华人民共和国建设部 1996-04-15 批准

1996-10-01 实施

JB 3965—85 钢制压力容器磁粉探伤

YB 39—64 线材拉力试验法

YB 3207—80 锻件通用技术条件

3 术语、符号

3.1 术语

3.1.1 半平行

将若干根钢丝平行集拢、同轴同向加以适当扭绞,由此而使各根钢丝相互间形成一种特殊的平行状态,称为半平行。

3.1.2 塑料护套

为防止钢丝生锈,在集束钢丝外包覆的一层塑料保护套,护套应具备一定的机械强度和耐老化性能。

3.1.3 塑料护套半平行钢丝绳

将若干根钢丝,按半平行方式绞制成索,并包覆塑料护套,即成为塑料护套半平行钢丝绳。以下简称钢索。

3.1.4 锚具

牢固连结在钢索端头的一种装置,通过它将外界的拉力传递给钢索。

3.1.5 钢丝绳索

两端装有锚具,能在工程结构中承受拉力的钢索,简称拉索。

3.2 符号

f_{pk} 钢丝抗拉强度标准值〔钢丝公称抗拉强度值〕〔钢丝抗拉强度保证值(GUTS)〕;

σ_b 钢丝抗拉强度;

$\sigma_{0.2}$ 钢丝屈服强度;

δ 钢丝延伸率;

E_w 钢丝弹性模量;

E_c 钢索弹性模量;

σ_s 拉索中钢丝的容许拉应力;

$\Delta\sigma_s$ 拉索中钢丝的容许抗拉应力幅值;

d 钢丝的公称直径;

D_0 按钢丝公称直径计算的裸索最大直径;

D 塑料护套钢索外径;

D_i 索盘的盘筒外径或索圈的内径;

A_w 单根钢丝公称截面积;

A_c 钢索中全部钢丝的公称截面积;

W_w 每米塑料护套钢索中钢丝的净重;

W_c 每米塑料护套钢索的重量;

P_{ck} 拉索的公称破断索力, ($P_{ck} = A_c \cdot f_{pk}$);

P_{cb} 拉索的实测破断索力;

P_p 拉索的预拉索力;

η 拉索的效率系数;

α 钢索的扭绞角;

L_n 钢索的捻距。

4 产品构造

4.1 塑料护套半平行钢丝索

将若干根直径相同的钢丝,平行集束,大捻距同心左旋扭绞,再用绕包带右旋缠裹扎紧,然后包覆塑料护套,即成为塑料护套半平行钢丝索(图1)。

常用的制索钢丝直径有5 mm和7 mm两种,采用光面钢丝或镀锌钢丝。半平行钢丝索中钢丝排列成六角形或对称的切角六角形(图1)。

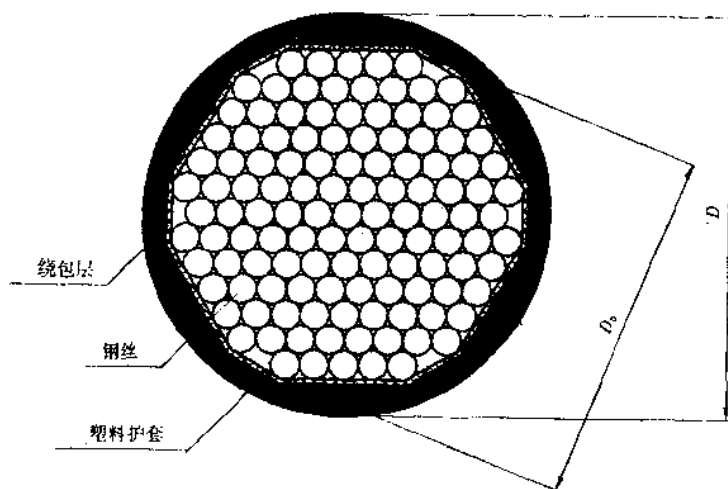


图1 塑料护套半平行钢丝索断面

4.2 锚具

在塑料护套半平行钢丝索的两端可以配装冷铸锚、热铸锚或镦头锚。锚具在工程结构上的固定方式可以用螺母,也可以用垫块或者轴销。

4.2.1 冷铸锚

冷铸锚具最基本的组成部件是锚杯、定位板、连接筒。根据不同的固定方式,再配备螺母、垫块或轴销(图2)。

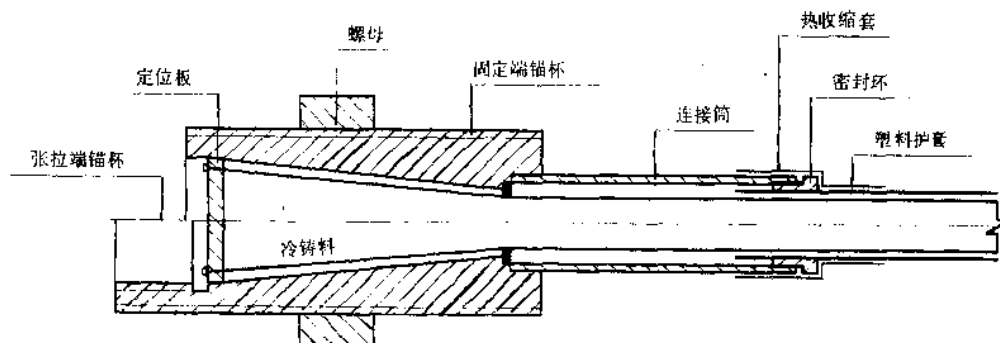


图2 螺母固定型冷铸锚

将钢索端头的塑料护套剥除,顺序套上连接筒和锚杯,钢丝逐根穿过定位板上的对应孔眼后镦头就位。在锚杯中灌入流动态的混合填料,振实。混合料硬化后,形成锚塞,钢丝和锚杯即牢固连成一体。

混合料可以使用环氧树脂等有机结合剂,也可以使用其他类型的结合剂。要求配制的混合料有良好的流动性,以利浇灌。硬化后混合料应具有足够的强度和温度稳定性,以确保锚具的锚固性能。

4.2.2 热铸锚

热铸锚的构造和冷铸锚大体相同,差别在于采用低熔点的合金充填锚杯中钢丝间的空隙(图3)。

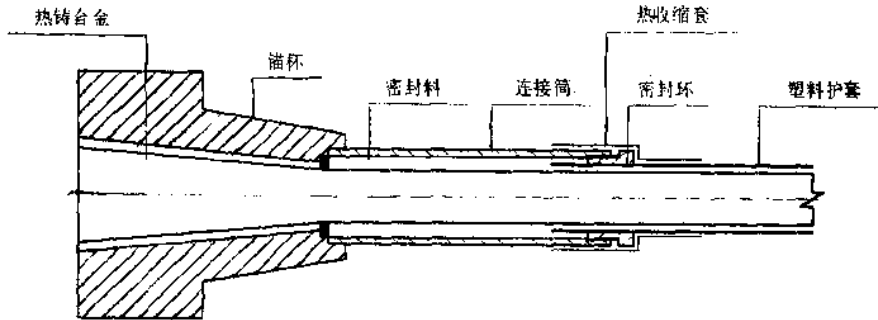


图3 垫块固定型热铸锚

4.2.3 镦头锚

镦头锚的最基本部件是一块锚板,锚板上留出钢丝孔眼,索中钢丝穿过对应的孔眼后镦头(图4)。

镦头锚可以使用螺母或垫块锚固。

用于张拉端的镦头锚,在锚具尾部应留有连接张拉工具用的内螺纹。

4.2.4 所有上述三种锚具,在配装时均需要将钢索端部的塑料护套剥去一定长度。在配装的最后阶段,必须对这部分仍裸露的钢丝采取可靠的防护措施。

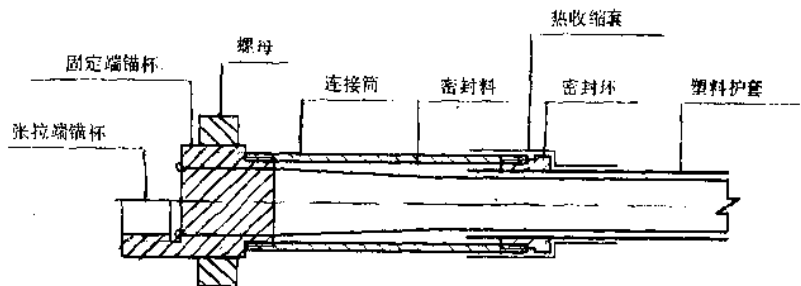


图4 螺母固定型镦头锚

4.3 塑料护套半平行钢丝拉索

在塑料护套半平行钢丝索的两端,配装锚具,就成为可以在工程结构中承受拉力的塑料护套半平行钢丝拉索。

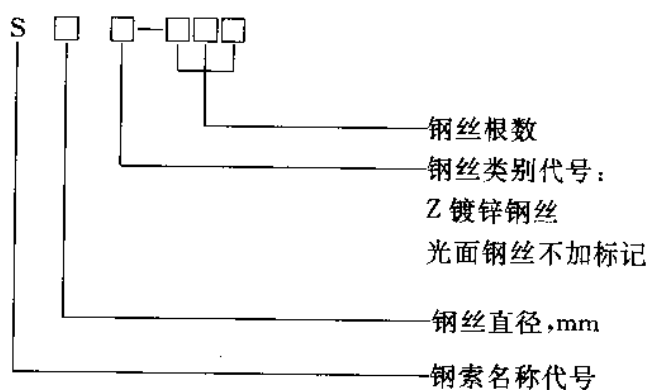
5 规格系列及产品标记

5.1 钢索

5.1.1 规格

按制作钢索所用单根钢丝的直径,钢索有5mm、7mm两大系列,每一系列的规格见表1、表2。

5.1.2 钢索型号



5.1.3 标记示例

由 121 根 5 mm 镀锌钢丝绞制的塑料护套半平行钢丝索。

钢丝绳 S5Z-121 CJ 3058—1996

表 1 ϕ 钢索系列规格

钢丝根数 n	截面积 A_c mm^2	破断荷载 P_k kN	裸索直径 D_0 mm	钢索直径 D mm	钢丝重 W_w kg/m	拉索重 W_c kg/m
37	726	1 140	35.0	45	5.7	6.5
55	1 080	1 696	41.1	50	8.5	9.2
61	1 197	1 880	45.0	55	9.4	10.2
73	1 433	2 250	48.6	60	11.3	12.3
85	1 669	2 620	50.8	60	13.1	13.9
91	1 787	2 810	55.0	65	14.0	15.0
109	2 140	3 360	57.9	70	16.8	18.0
121	2 375	3 730	60.7	70	18.7	19.7
127	2 494	3 916	65.0	80	19.6	21.3
151	2 964	4 650	67.4	80	23.3	24.8
163	3 200	5 020	70.6	85	25.1	26.9
187	3 671	5 760	75.0	90	28.8	30.8
199	3 906	6 130	77.1	90	30.7	32.4
211	4 143	6 505	80.5	95	32.5	34.5
223	4 377	6 870	83.1	95	34.4	36.1
241	4 731	7 430	85.0	100	37.1	39.3
253	4 968	7 800	86.9	100	39.0	41.0
265	5 202	8 170	90.5	105	40.8	43.1
283	5 555	8 720	92.1	105	43.6	45.6
301	5 909	9 280	95.0	110	46.4	48.8

注: 计算 P_k 时, 取 $f_{pk}=1\ 570\ \text{MPa}$ 。

表 2 $\phi 7$ 钢索系列规格

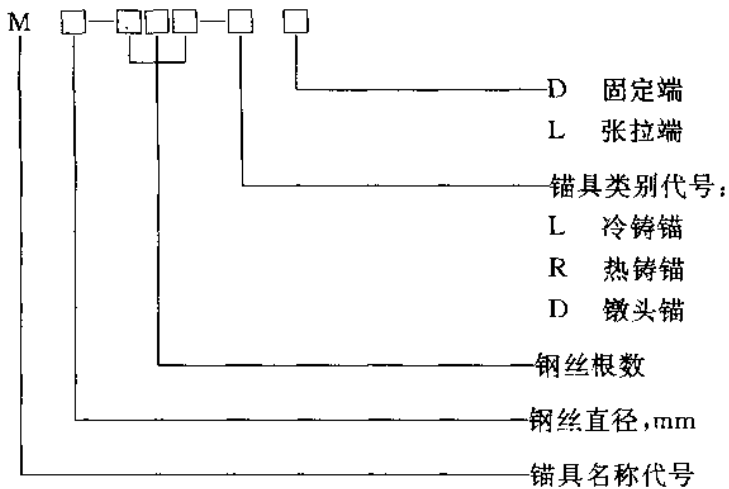
钢丝根数 n	截面积 A_c mm^2	破断荷载 P_{ak} kN	裸索直径 D_0 mm	钢索直径 D mm	钢丝重 W_w kg/m	拉索重 W_c kg/m
37	1 424	2 240	49.0	60	11.2	12.2
61	2 347	3 680	63.0	75	18.4	19.7
73	2 809	4 410	68.0	80	22.1	23.5
85	3 271	5 140	71.2	85	25.7	27.4
91	3 502	5 500	77.0	90	27.5	29.2
109	4 195	6 590	81.1	95	32.9	34.8
121	4 656	7 310	84.9	100	36.6	38.8
127	4 888	7 674	91.0	105	38.4	40.6
139	5 349	8 400	92.2	105	42.0	44.0
151	5 810	9 120	94.4	110	45.6	48.1
163	6 272	9 850	98.8	115	49.2	52.0
187	7 196	11 300	105.0	120	56.5	59.2
199	7 658	12 020	108.0	125	60.1	63.2
211	8 119	12 750	112.7	130	63.7	67.0
223	8 581	13 470	116.3	135	67.4	71.1
241	9 274	14 560	119.0	135	72.8	76.0
253	9 737	15 287	121.6	140	76.4	80.2
265	10 197	16 010	126.6	145	80.1	84.1
283	10 890	17 100	129.0	150	85.5	90.1
295	11 353	17 824	131.4	150	89.1	93.2
301	11 582	18 180	133.0	155	90.9	95.9
313	12 046	18 912	135.3	155	94.6	99.1
337	12 968	20 360	140.6	160	101.8	106.4
367	14 122	22 170	147.0	170	110.9	116.6
397	15 277	23 990	153.2	175	119.9	125.5
421	16 200	25 430	155.2	180	127.2	133.7

注：计算 P_{ak} 时，取 $f_{pk}=1\ 570\text{ MPa}$ 。

5.2 锚具

冷铸锚、热铸锚、墩头锚的规格系列和钢索相对应。

5.2.1 锚具型号



5.2.2 标记示例

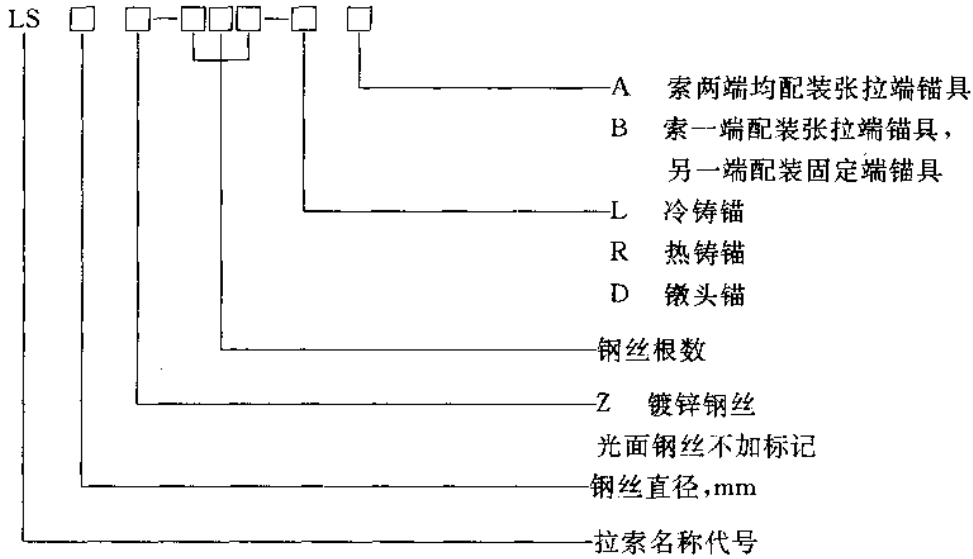
用于锚固 121 根 5 mm 钢丝的张拉端冷铸锚。

锚具 M5-121-L L CJ 3058—1996

5.3 拉索

如无特殊情况,拉索的两端应配装相同类别的锚具。

5.3.1 拉索型号



5.3.2 标记示例

拉索,采用 121 根 5 mm 镀锌钢丝绞制的塑料护套半平行钢丝索制作,一端配装张拉端冷铸锚,另一端配装固定端冷铸锚。

拉索 LS5Z-121-LB CJ 3058—1996

6 技术要求

6.1 原材料

6.1.1 钢丝

6.1.1.1 钢丝的化学成分应符合表 3 的规定。

表 3 钢丝化学成分

化 学 成 分, %					
C	Si	Mn	S	P	Cu
0.75~0.85	0.12~0.32	0.60~0.90	≤0.025	≤0.025	<0.20

6.1.1.2 制作钢索所用的光面或镀锌钢丝均应经过稳定化处理,其各项性能必须符合表 4 的规定。

表 4 钢丝物理力学性能

序号	项 目	单位	指 标		试验方法
1	公称直径	d mm	5.0	7.0	GB 5223
2	抗拉强度标准值	f_{pk} MPa	1 570	1 570	
3	直径允许偏差	mm	+0.08	+0.08	
			-0.04	-0.04	
4	椭圆度	mm	≤0.04	≤0.04	
5	公称横截面积	mm ²	19.63	38.48	
6	每米理论重量	kg	0.154	0.302	YB 39
7	抗拉强度	σ_b MPa	≥1 570	≥1 570	
8	屈服强度	$\sigma_{0.2}$ MPa	≥1 330	≥1 330	
9	弹性模量	E_w GPa	205±10	205±10	GB 1586
10	伸长率	δ %	≥4	≥4	YB 39
	标距	L_0 mm	250	250	
11	伸直性:弦长	C mm	1 000	1 000	GB 5223
	弦与弧的最大自然矢高	h mm	≤20	≤15	
12	弯曲次数:弯曲半径	R mm	15	20	GB 238
	次数		≥4	≥4	
13	缠绕试验		$3d \times 8$	$3d \times 8$	GB 2976
14	松弛性能:初始应力	σ_0	$0.70f_{pk}$	$0.70f_{pk}$	GB 5223
	1 000h 应力损失		≤0.025 σ_0	≤0.025 σ_0	
15	疲劳性能:应力上限 σ_L	MPa	706.5	706.5	6.1.1.8
	应力幅值 $\Delta\sigma$	MPa	360	360	
	加载次数		2×10^6	2×10^6	

注: 1 GPa=10³ MPa。

6.1.1.3 镀锌钢丝的镀锌层应均匀、连续、附着牢固,不允许有裂纹、斑疤和没有镀上锌的地方。锌层的重量、均匀性及附着牢固性应符合表 5 的规定。

表 5 钢丝镀锌层的重量、均匀性及附着牢固性

序号	项 目	单位	指 标		试验方法
1	锌层重量	g/m^2	≥ 300	≥ 300	GB/T 2973
2	浸硫酸铜溶液次数 每次 1 min		≥ 5	≥ 5	GB/T 2972
3	缠绕试验:芯棒直径	mm	25	35	GB 2976
	缠绕圈数		2	2	

6.1.1.4 钢丝应具有可镦性,即这种钢丝可以采用冷镦工艺将钢丝端头加工成鼓槌状的镦头,且镦头所能传递的荷载,能满足对钢丝的使用要求。

6.1.1.5 成品光面钢丝或镀锌前的光面钢丝,表面均不得有裂纹、小刺、机械损伤、氧化铁皮和油迹。

6.1.1.6 成品钢丝不得存在任何接头。在生产时为了连续作业而焊接的电接头,应予切除。

6.1.1.7 每盘钢丝由一根组成,其盘径不得小于 1 800 mm,盘重不应小于 800 kg。允许在每个交货批中有不多于 5% 的盘数盘重小于 800 kg,但所有盘重均应大于 500 kg。

6.1.1.8 钢丝疲劳试验

钢丝疲劳试验的试件长度不应短于 350 mm,正弦波加载,加载频率 8~100 Hz。如试验过程中钢丝在夹具内或离夹具 5d 距离内断裂,则试验结果无效。

6.1.1.9 钢丝检验

a) 钢丝验收以批为单位,每批应由同一炉罐号、同一规格的钢丝组成。

b) 逐盘检查钢丝的形状尺寸和表面情况。

c) 每盘钢丝应取样进行抗拉强度、伸长率和弯曲试验。于同批钢丝中抽取 10%,但不应少于三盘进行缠绕试验和屈服强度试验。松弛试验每批或每 200 t 进行一次。钢丝的化学成分试验每批或每一炉号进行一次。

d) 钢丝的疲劳试验每批或每 500 t 进行一次,或根据供需双方协议进行。当进行拉索的疲劳试验时,必须对所用的钢丝进行钢丝疲劳试验。

e) 镀锌钢丝取每批盘数的 5%,但不应少于三盘做有关镀锌层质量试验。

f) 在上述检查中,如有某一项试验结果不符合本标准 6.1.1.1~6.1.1.7 各条所定要求,则该盘钢丝为不合格。并从同一批未经试验的钢丝盘中再取双倍数量的盘数进行复验,如复验结果该项指标仍未通过,则该批钢丝应逐盘检验,合格者方可验收。

6.1.1.10 标志及包装

成盘钢丝应用打包钢带不应少于四处捆扎结实,用防水塑料带严密缠裹,外层再缠麻布或塑料编织布保护。运输保管时,应防止钢丝受潮淋雨。

每盘钢丝应挂有金属或塑料的标志牌,标明:

a) 制造厂商;

b) 钢丝规格,炉号;

c) 净重或毛重;

d) 盘卷编号。

6.1.1.11 质量证明书

每批钢丝必须附质量证明书,其内容如下:

a) 供、需双方名称;

b) 发货日期;

c) 合同号;

- d) 重量、件数；
- e) 标准中所规定的各项检验结果；
- f) 包装类型；
- g) 技术监督部门印记。

6.1.2 护套塑料

6.1.2.1 制作护套所使用的高密度聚乙烯以及其他符合要求的塑料应在专门的工厂内混炼造粒，颗粒大小在任意方向应为 2~5 mm。

塑料应混炼均匀，不得混入杂质，颗粒内部不得有气泡。

必须采用挤出型塑料。

6.1.2.2 塑料的物理力学性能应符合表 6 的规定。

6.1.2.3 塑料验收

a) 护套塑料验收以批为单位。同一批号原料、同一配方、同一工艺生产的为一批，每批重量不应超过 40 t。

b) 从每批塑料中随机指定一袋，取出 1 kg 试样，进行密度、熔体流动速率、拉伸强度、屈服强度、断裂伸长率、硬度等试验。表 6 中所列其余各项试验按本标准第 8.3 条型式检验规定办理。

c) 上述试验如有某一项结果不符合本标准第 6.1.2.2 条表 6 要求，应重新加倍取样，对该项指标进行复验，如复验结果仍未通过，则该批产品不合格。

6.1.2.4 标志、包装、贮存和运输

a) 护套塑料应密封于塑料袋中，每袋净重 25 ± 0.2 kg。

b) 每袋产品应附有生产厂质量检验部门签发的合格证。包装袋上应标明生产厂名、产品名称、型号、批号、净重、生产日期等。每一批产品应附有性能测试报告。

c) 产品应贮存在清洁、阴凉、干燥、通风的库房内。运输时应防止日晒、雨淋，并防止受潮受热，保持包装完整。

6.1.3 绕包带

使用聚酯类薄膜复合绕包带，带宽 30~40 mm，抗拉强度每厘米带宽不应低于 250 N。

其他类型的包带，只要具有足够的拉力强度和韧性，能承受钢索制作过程中的张力和挤压，也可以使用。

6.1.4 锚具钢材

锚杯、锚板、螺母、垫块等主要受力件必须选用优质钢材制造，其技术条件应符合 GB 699 或 GB 3077。对于锻钢，尚应符合 YB 3207 的规定。

6.1.5 锚杯填充料

表 6 护套塑料的物理力学性能

序号	项 目	单位	指标	试验方法
	物理性能：			
1	密度	g/cm ³	0.942~0.978	GB 1033
2	熔体流动速率 MFR	g/10 min	≤0.45	GB 3682
3	拉伸强度	MPa	≥20	GB 1040
4	屈服强度	MPa	≥10	GB 1040
5	断裂伸长率	%	≥600	GB 1040
6	硬度	Shore D	≥60	GB 2411
7	弹性模量	MPa	≥50	GB 1040

表 6(完)

序号	项 目	单位	指标	试验方法
8	冲击强度	kJ/m^2	≥ 25	GB 1043
9	软化温度	$^{\circ}\text{C}$	≥ 115	GB 1633
10	耐气候性能: 1. 耐环境应力开裂性	F_0/h	$> 1\,500$	GB 1842
11	2. 脆化温度	$^{\circ}\text{C}$	< -60	GB 5470
12	耐老化性能: 1. (在耐热老化 $100^{\circ}\text{C} \times 7\text{ d}$ 条件下) 拉伸强度保留率	%	≥ 80	GB 7141
	断裂伸长率保留率	%	≥ 80	GB 7141
13	2. 耐臭氧老化 (在延伸 25%、 温度 $24 \pm 8^{\circ}\text{C}$ 、 臭氧浓度 $0.01 \sim 0.15\text{ ppm}$ 、 暴露 1 h 条件下)		无异常变化	

6.1.5.1 冷铸料

配制冷铸料所使用的各种物料,应符合相关的技术标准。

6.1.5.2 热铸料

热铸料使用低熔点锌铜合金。

6.2 钢索

6.2.1 扭绞

钢丝集束后同心左向扭绞,最外层钢丝的扭绞角 $2^{\circ} \sim 4^{\circ}$,相应其捻距在 $(40 \sim 60)D$,具体视索中钢丝数量而异。索中钢丝应排列整齐,扭绞紧密均匀,无交叉错位。

6.2.2 绕包

绕包层右旋,应紧密齐整,无缺漏,无破损,每圈搭接不应小于带宽 $1/3$ 。

较细的钢索采用单层绕包,对于 $211\phi 7$ 以上的大规格钢索,可以采用双层绕包。

绕包应使用专门的绕包机,绕包机对绕包带的搭接宽度及绕包带的张力,应具备调节能力。

6.2.3 挤制塑料护套

6.2.3.1 塑料颗粒必须经过充分干燥才能进入挤出机。

6.2.3.2 塑料护套应紧裹在钢丝裸索绕包层外,在正常的生产、运输、吊装过程中不应串动脱壳。

护套外观应光滑平整,钢索护套外径的允差为 $\pm 1\text{ mm}$,护套厚度的允差为 $\pm 1\text{ mm}$,护套的拉伸强度、屈服强度以及断裂伸长率应和所使用的塑料相当。

6.2.4 钢索

6.2.4.1 钢索在自然状态下应保持顺直,不应出现螺旋形卷曲。

6.2.4.2 钢索定长

钢索展平伸直后,用 50 m 标准钢卷尺直接丈量,精确至 1 mm 。测量时钢尺的张力,应符合相应的使用规定。丈量结果应根据需方对钢索长度的设定条件,作必要的修正。

定长后用齿锯下料,断面应垂直于钢索的轴线,偏斜不超过 2° 。

6.2.5 已定长落料的钢索,应予编号,注明规格、长度,并附质保单,写明编索时所用钢丝盘号、钢丝抗

拉强度、护套的物理性能等检测结果。

6.3 锚具制作

6.3.1 锚具各部件所用钢材应符合有关标准。

6.3.2 锚杯、锚板、螺母、垫块等主要受力件的半成品在热处理后应作超声探伤,探伤合格的方准进入下一道工序。探伤方法及评定标准应符合 GB 4162 中 C 级的规定。

也可将超声探伤标准提高至 B 级,并对锚具成品增加磁粉探伤。磁粉探伤应按 JB 3965 执行。对一般工程,要求为 II 级,对重要工程,也可以提高至 I 级。

6.3.3 锚具的各主要受力件应有硬度测试记录,硬度测试应按 GB 231 规定进行。

6.3.4 锚具的梯形螺纹应符合 GB 5796.1 规定,精度为 8H/8c。也可以提高精度等级至 7H/7c。螺纹的极限尺寸应使用符合精度标准的螺纹通止规控制。

也可以采用锯齿形螺纹。

6.3.5 锚具的各外露件,应作发黑处理。也可以作镀锌防护,电镀锌件在镀后应作脱氢处理。

6.3.6 同一规格锚具的同类部件应具有互换性。

6.3.7 锚具的锚杯、锚板、螺母、垫块等主要受力件,在生产过程中均应编打流水号。最后出厂时,应用钢印将型号及流水号打在成品上。

锚具散件应配套出厂,每副锚具应带有质保单,载明锚具的各项检测结果。

6.4 配装锚具

将锚具牢固连结在钢索末端的过程称为配装锚具。

6.4.1 配装锚具前,在已定长落料的钢索两端,先按规定长度剥去一段塑料护套及绕包带,然后将索中钢丝分别穿过定位板或锚板,锚头就位。

6.4.2 对于冷铸锚,在浇铸冷铸料前,定位板在锚杯中的位置应按设计规定予以固定,钢丝锚头应抵紧定位板。

浇灌冷铸料时应强迫振实,并有可靠的防漏措施。

对于每一副冷铸锚,还应同时制备冷铸料抗压试件 2 组,每组 3 件。其振实和固化条件应和锚杯中冷铸料相同。

冷铸料试件为直径 25 mm,高 30 mm 的圆柱体。

6.4.3 对于热铸锚,浇铸热铸合金时,热铸锚的锚杯应预热,钢丝应均匀散开在锚杯中。浇铸应密实,热铸合金的浇铸温度宜控制在 $450 \pm 10^\circ\text{C}$ 范围。

6.4.4 锚头锚配装终了,应设法使钢索中各根钢丝的锚头,一律抵紧锚头锚锚板。

6.5 拉索

6.5.1 拉索的静载性能应符合表 7 的规定。

表 7 拉索的静载性能

弹性模量 E_s MPa	拉索效率系数 η	极限延伸率 ϵ %	锚塞回缩量 mm	
			P_c	
			$0.6P_{sk}$	P_{cb}
$\geq 1.85 \times 10^5$	≥ 0.95	≥ 2.0	$\leq 7(2)$	≤ 15
注: 1. $\eta = \frac{\text{实测破断索力 } P_{cb}}{\text{公称破断索力 } P_{sk}}$ 2. 括号内数值适用于锚头锚。				

在工程设计中,拉索中钢丝的最大设计应力 σ_s 应在 $0.40 \sim 0.45 f_{stk}$ 范围内选用。

6.5.2 动载性能

拉索的动载性能应符合表 8 的规定。

表 8 拉索的动载性能

应力上限 σ_{\max}	应力幅值 $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$ MPa	2×10^6 次循环加载后断丝率 %
$0.42f_{pk}$	200	≤ 5

若供需双方另有协议,拉索动载试验的应力上限可在 $0.40 \sim 0.45f_{pk}$ 、应力幅值 $\Delta\sigma$ 可在 $200 \sim 250$ MPa 范围内选择。

拉索中钢丝所承受的活载应力,即拉索中钢丝的设计应力幅值 $\Delta\sigma$,不应大于试验应力幅值的 $\frac{1}{1.5}$,即 $\Delta\sigma_s \leq \frac{\Delta\sigma}{1.5}$ 。

6.5.3 拉索出厂前应加预拉。预拉时,索中钢丝应力在 $0.45 \sim 0.60f_{pk}$ 之间,具体由供需双方商定。预拉后,锚塞的回缩值应符合表 7 规定,并不允许有单根钢丝在锚塞内滑动或锚头脱落。对使用螺纹固定的锚具,内外螺纹仍能自由拧合。

6.5.4 拉索的长度,在出厂时应和需方的指定值相符,其允差不大于索长的 0.02% ,当索长小于 100 m 时,不应大于 20 mm。

6.5.5 拉索锚具和索的连接处应具有良好的防水密封性能,并能承受预拉以及运输、存放和施工过程中的拉伸和挠曲。

7 试验方法

凡已指明使用某一标准或某一标准试验方法者,一律按相关的标准试验方法执行。

凡未指明试验方法者,按本章规定执行。

7.1 钢索捻距 l_n

捻距 l_n 的定义为钢索中某一根钢丝绕钢索中心轴旋绕一周所需的长度。这一长度以钢索在伸直状态下沿钢索长度方向所量的直线距离为准。

测量时使用钢尺,精确至 1.0 mm。量取的长度 S 应为 $3l_n$,然后取平均值,得 $l_n = S/3$ 。

7.2 钢索扭绞角 α

钢索中内外层钢丝的扭绞角并不相同,测定时以最外层钢丝的扭绞角为准,其计算公式如下:

$$\alpha = \arctg[\pi(D_0 - d)/l_n] \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: α ——扭绞角,取值至 0.1° ;

D_0 ——裸索外径,精确至 0.1 mm,应符合本标准表 1 或表 2 的规定;

d ——钢丝公称直径,mm;

l_n ——钢索中最外层钢丝的捻距。

7.3 钢索塑料护套的厚度、外径和机械性能试验

护套厚度按 GB/T 2951.3。

护套外径按 GB/T 2951.4。

护套机械性能按 GB/T 2951.6。

7.4 拉索预拉

7.4.1 使用液压千斤顶作为加载装置,荷载由压力表控制,压力表的精度不应低于 1.5 级。

7.4.2 将拉索置台座中,逐渐加载至预拉索力的 10% ,检查加载装置及拉索连接系统准确可靠后,继续缓慢加载至设定的预拉索力,持荷 5 min 后卸荷。

7.4.3 预拉时的加载速率不应大于 100 MPa/min。

7.4.4 预拉过程中,如有需要,可以分级测量不同荷载下的拉索伸长量。

7.5 锚塞回缩值

在锚具尾部选三个钢丝镦头,对于热铸锚则在热铸合金形成的锚塞外露面选取三个测量点,这 3 个镦头或测量点至锚具中心的距离应大致相等,并互成 120°。以锚杯外端面为基准,用深度卡尺测出镦头或测量点至基准面的垂直距离。加载前后各测一次,三个测点平均值前后两次的差,即为在该荷载下锚塞的回缩值,精确至 0.05 mm。

7.6 拉索静载试验

7.6.1 为考核拉索的静载性能,需制备试验拉索。试验拉索两端锚杯间的净距不得小于 4.0 m。试验拉索所用钢索和锚具的规格可以小于工程上所使用的实型索,但其型式和类别必须相同,而且规格不宜小于 61φ5 或 37φ7。

7.6.2 在试验机或试验台架上加载。荷载测量精度不低于 2%,加载速率不大于 100 MPa/min。

对试验时的气温或室温应作记载。

7.6.3 正式加载前先分级预载,每级荷载为公称破断索力 P_{ck} 的 10%,并持荷 5 min,至 0.6 P_{ck} 后持荷 10 min,然后卸载至 0.1 P_{ck} 按 7.5 条规定量取预拉荷载下的锚塞回缩值。

7.6.4 正式加载。由 0.1 P_{ck} 开始,每级 0.1 P_{ck} ,并持荷 5 min,至 0.8 P_{ck} 时持荷 1 h,继续加载,每级 0.05 P_{ck} ,并持荷 5 min,按此规定逐级加载,直至荷载到达极限或索中钢丝破断率到达 5%,最后所得极限索力即为拉索的实测破断索力 P_{cb} 。拉索的效率系数:

$$\eta = \frac{P_{cb}}{P_{ck}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

7.6.5 在试验索上划出标距,标距长度应不小于 2 000 mm,在每级持荷结束时,量测标距范围内钢索的长度变化,精确至 0.5 mm。按下式计算钢索的延伸率:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_s}{L_s} \cdot 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: ε ——钢索延伸率, %;

L_s ——标距, mm;

ΔL_s ——在标距范围内钢索的伸长量, mm。

注意:对于有护套的钢索,在设定标距时,要防止钢索受拉后因护套和钢丝间发生相对位移而带来的伪读数。为此,标距应设在卡箍上,卡箍应可靠地箍紧在钢索护套上,使钢索受力后,护套和钢丝间无相对滑移发生。

也可以采用量取试验索总伸长值的方法测定钢索的延伸率。但这时应考虑到锚具的锚固长度、锚塞回缩、试验所用钢梁和垫块的变形等影响因素,并对实测的试验索伸长量进行修正。

7.6.6 卸载后量取锚塞的极限回缩值 Δ_{max} ,并检查锚具内外螺纹的旋合情况以及锚杯、锚板、螺母等受力件的残余变形。

7.7 拉索的弹性模量

7.7.1 拉索的弹性模量可以用试验索进行测定,也可以在实型索上进行测定。

7.7.2 用试验索测定时,荷载精度不应低于 1.0%或 2 kN,索长的标距不应小于 2 000 mm,拉索伸长量的量测应精确至 0.1 mm。

用实型索在台座中测定时,荷载精度不应低于 2.0%或 20 kN,索长标距不小于 20 000 mm,伸长量精确至 1.0 mm。

7.7.3 测定拉索的弹性模量时,加载范围为 0.1~0.4 f_{pk} 。先预拉至 0.45 f_{pk} ,持荷 10 min 后卸载至 0.1 f_{pk} ,持荷 5 min 后再加载,每级荷载 0.05 f_{pk} ,并持荷 5 min 后测读标距范围内的索长变化。将获取的一系列 σ 、 ε 数据进行回归计算后,求得拉索的弹性模量。

7.8 拉索动载试验

7.8.1 动载试验索的制备要求和静载试验索相同,但对制索所用的钢丝应作疲劳试验。每盘钢丝取一组试样,疲劳试验合格的钢丝,才能用来制备动载试验索。

7.8.2 先加静载预拉,然后再加载,预拉应力不低于 $0.5f_{pk}$,不高于 $0.6f_{pk}$ 。

7.8.3 按表 8 或供需双方商定的应力上下限施加动载。正弦波加载,频率不大于 10 Hz。

7.8.4 试验过程中还应测定锚塞的回缩值,钢索的伸长率。观察记录断丝的情况。

对试验时的室温,应作记载。

7.8.5 所加的动载,应根据动载试验机生产厂的规定,进行修正。

8 检验规则

8.1 检验分类

拉索的检验分为出厂检验(交收检验)和型式检验(例行检验)。

8.2 拉索的出厂检验项目见表 9。

表 9 拉索出厂检验

序号	试验项目	试验要求	试验方法	取样规定
1	锚具: 超声探伤	合格	GB 4162	每付
2	磁粉探伤	合格	JB 3965	
3	硬度	合格	GB 231	
4	螺纹	GB 5796.1	螺纹通止规	
5	外形尺寸	合格	实测	
6	发黑或镀层	合格	目测	
7	互换性	合格	实测实配	
8	钢索: 钢丝排列	合格	目测	每根
9	绕包层	合格	目测	
10	护套厚度	合格	GB/T 2951.3	
11	护套外径	合格	GB/T 2951.4	
12	拉索: 索长	合格	6.2.4.2	每根
13	预拉及锚塞回缩	合格	7.4, 7.5	
14	索锚连接的密封性能	合格	目测	

上述检验结果应载入每根拉索的质保单。

8.3 拉索的静载试验、弹性模量试验、动载性能试验、拉索护套的机械性能试验属型式检验。

有下列情况之一时,一般应进行型式检验:

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- 正常生产时,定期或积累一定产量后,每 2 至 3 年进行一次检验;
- 产品长期停产后,恢复生产时;
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;

f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

8.4 判定规则

8.4.1 钢丝、塑料、包带、锚具等,凡已判定为不合格品者,均不得用于制造拉索。

8.4.2 新型拉索如未通过型式试验,不得投产。

8.4.3 凡本标准表9中所规定的拉索出厂检验项目中有一项未获通过,该根拉索即被视作不合格品,需方有权拒收。

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 标志

9.1.1 在每根拉索两端的锚具根部,用红色油漆标明拉索编号和规格。

9.1.2 每根拉索应挂有合格证,标明:制造厂名、生产日期、拉索编号、规格、长度、重量。

9.2 包装

9.2.1 大规格拉索宜采用成盘包装。钢质索盘的盘筒直径 D_1 应大于或等于 $20D$,并不得小于1.8 m。拉索应整齐卷绕在盘筒上,两端的锚具应可靠地固定在索盘特设的支架上。

钢质索盘的自重应在盘侧标明。

9.2.2 小规格拉索可以采用成圈包装。每根拉索成圈后先用打包带按圆周等分紧捆6道,然后用麻布满缠。索圈内径 D_1 应大于或等于 $20D$,并不得小于1.8 m。圈重超过500 kg时,应用钢丝绳匀设3~4个吊点。

9.2.3 钢索也可以成盘或成圈包装。钢索端头的钢丝必须彼此焊死,以防错动。必要时钢索尽端还可焊上一段牵引钢丝绳。

钢索的尽端要用和护套同样的塑料妥善封闭,以防潮气和水分侵入。

9.2.4 拉索两端的锚具应涂防锈油脂,并用塑料套和麻布包扎两层。如有和锚具配套的螺母,应拧在索端锚具上。如锚具使用垫块固定,则配套的垫块应装箱和拉索同时发运。

9.2.5 当需方对包装有特殊要求时,由供需双方协商决定。

9.2.6 产品出厂时,应随带产品合格证、产品说明书和质量保证单。产品合格证中应列入钢丝、护套塑料、钢索、锚具、拉索的各项性能试验报告。产品说明书中应向需方提供拉索和锚具的各项几何参数以及锚具的内外螺纹规格。

9.3 运输

9.3.1 铁路、公路、水路均可运输。

9.3.2 在运输和装卸过程中,应小心操作,防止碰伤拉索的塑料护套及锚具。

9.4 贮存

9.4.1 产品宜贮存在库房中,露天贮存宜加遮盖。

9.4.2 成圈产品只能水平堆放,可以叠置,逐层间应加垫木。叠置高度不宜超过1.5 m。叠置时应防止锚具碰伤护套。