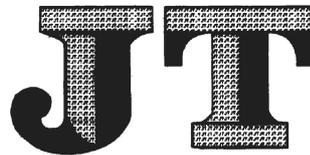


ICS 93.040

P 28



# 中华人民共和国交通运输行业标准

JT/T 449—2021

代替 JT/T 449—2001

## 公路悬索桥吊索

Suspender of highway suspension bridge



2021-06-18 发布

2022-01-01 实施

中华人民共和国交通运输部 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 分类、结构形式与型号 .....	2
5 技术要求 .....	7
6 试验方法 .....	12
7 检验规则 .....	15
8 标志、包装、运输和储存 .....	17
附录 A(资料性附录) 平行钢丝束吊索索体主要技术参数 .....	19
附录 B(资料性附录) 钢丝绳吊索索体主要技术参数 .....	24
附录 C(资料性附录) 刚性吊杆杆体主要技术参数 .....	27



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 JT/T 449—2001《公路悬索桥吊索》。与 JT/T 449—2001 相比,除编辑性修改外主要技术变化如下:

- 增加了平行钢丝束吊索用钢丝的选用种类、强度级别(见 5.1.1);
- 增加了刚性吊杆的技术要求(见 5.1.3、5.2.3、5.3.2.3、5.4.3);
- 修改了平行钢丝束吊索和钢丝绳吊索的锚具结构(见 4.2.3、5.1.5, 2001 版的 4.3);
- 增加了平行钢丝束吊索的水密性要求(见 5.3.4、6.3.4);
- 增加高密度聚乙烯护套等防护密封材料的技术要求(见 5.1.4);
- 增加了吊索主要技术参数表(见附录 A、附录 B、附录 C)。

本标准由全国交通工程设施(公路)标准化技术委员会(SAC/TC 223)提出并归口。

本标准起草单位:中交公路规划设计院有限公司、江苏法尔胜缆索有限公司、巨力索具股份有限公司。

本标准主要起草人:林道锦、胡可宁、张虹、薛花娟、杜学国、郝海龙、刘箐霖、卢靖宇、禹洪楷、林昱、周祝兵、崔海静、强强、苑军锋。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- JT/T 449—2001。



# 公路悬索桥吊索

## 1 范围

本标准规定了公路悬索桥吊索的分类、结构形式与型号、技术要求、试验方法、检验规则,以及标志、包装、运输和储存等要求。

本标准适用于公路悬索桥用平行钢丝束吊索、钢丝绳吊索和刚性吊杆产品的生产、检验和使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸
- GB/T 197 普通螺纹 公差
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 467 阴极铜
- GB/T 470 锌锭
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 702 热轧钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带
- GB/T 5796(所有部分) 梯形螺纹
- GB/T 6402 钢锻件超声检测方法
- GB/T 7233.1 铸钢件 超声检测 第1部分:一般用途铸钢件
- GB/T 8706 钢丝绳 术语、标记和分类
- GB/T 8918 重要用途钢丝绳
- GB/T 9439 灰铸铁件
- GB/T 9444 铸钢件磁粉检测
- GB/T 12689 锌及锌合金化学分析方法
- GB/T 17101 桥梁缆索用热镀锌钢丝
- GB/T 18365 斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索
- GB/T 20067 粗直径钢丝绳
- GB/T 20118 钢丝绳通用技术条件
- GB/T 20934 钢拉杆
- GB/T 30776 胶粘带拉伸强度与断裂伸长率的试验方法
- GB/T 32963 锌铝合金镀层钢丝缆索
- CJ/T 297 桥梁缆索用高密度聚乙烯护套料
- JB/T 6402 大型低合金钢铸件 技术条件



JB/T 8468 锻钢件磁粉检测

JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件

JT/T 775 大跨度斜拉桥平行钢丝拉索

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**吊索 suspender**

用于连接悬索桥主缆索夹与加劲梁的组装件。

#### 3.1.2

**平行钢丝束吊索 suspender of parallel wires**

采用外层热挤高密度聚乙烯护套的热镀锌或锌铝合金的高强钢丝束为索体的吊索。

#### 3.1.3

**钢丝绳吊索 suspender of wire ropes**

采用钢丝绳为索体的吊索。

#### 3.1.4

**刚性吊杆 suspender of steel tie rod**

采用钢拉杆为索体的吊索。

#### 3.1.5

**锚具 suspender anchorage**

吊索索体两端用于与加劲梁和主缆索夹连接的构件。

#### 3.1.6

**冷铸锚 cold-cast anchorage**

采用环氧铁砂材料在 250℃ 以下进行浇灌形成的锚固结构。

#### 3.1.7

**热铸锚 hot-cast anchorage**

采用锌铜合金材料在 460℃ 左右进行浇灌形成的锚固结构。

#### 3.1.8

**公称截面积 nominal cross-section area**

按照组成索体的钢丝或钢棒的公称直径计算出的全部金属截面积的总和。

#### 3.1.9

**公称破断荷载 nominal breaking load**

$P_b$

平行钢丝束吊索或刚性吊杆的标准抗拉强度与索体公称截面积的乘积。

钢丝绳索体的钢丝绳最小破断拉力。

### 4 分类、结构形式与型号

#### 4.1 分类

##### 4.1.1 吊索按索体分为：

a) 平行钢丝束吊索,代号 PES;

b) 钢丝绳吊索,代号 GSS;



c) 刚性吊杆,代号 GDG。

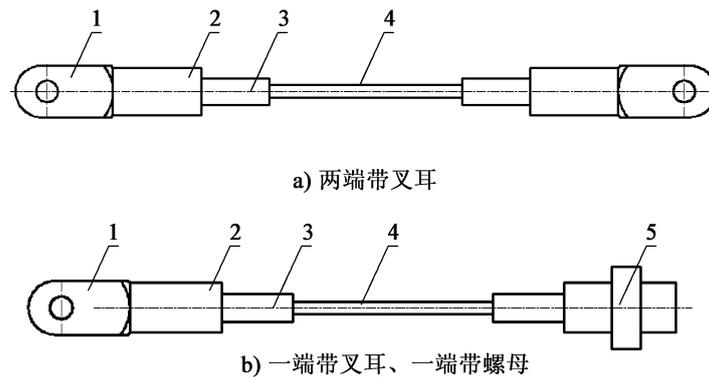
4.1.2 锚具按灌注工艺分为:

- a) 冷铸锚,代号 LM;  
b) 热铸锚,代号 RM。

## 4.2 结构形式

### 4.2.1 吊索

4.2.1.1 平行钢丝束吊索由叉耳、锚杯、连接筒、索体等构成,包括两端带叉耳和一端带叉耳、一端带螺母两种结构形式。其结构示意图 1。索体主要技术参数参见附录 A。

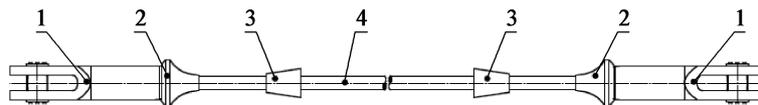


说明:

- 1——叉耳;      4——索体;  
2——锚杯;      5——螺母。  
3——连接筒;

图 1 平行钢丝束吊索结构示意图

4.2.1.2 钢丝绳吊索由叉耳、缓冲器、锥形铸块、吊索索体构成。其结构示意图 2。索体主要技术参数参见附录 B。



说明:

- 1——叉耳;      3——锥形铸块;  
2——缓冲器;    4——钢丝绳吊索索体。

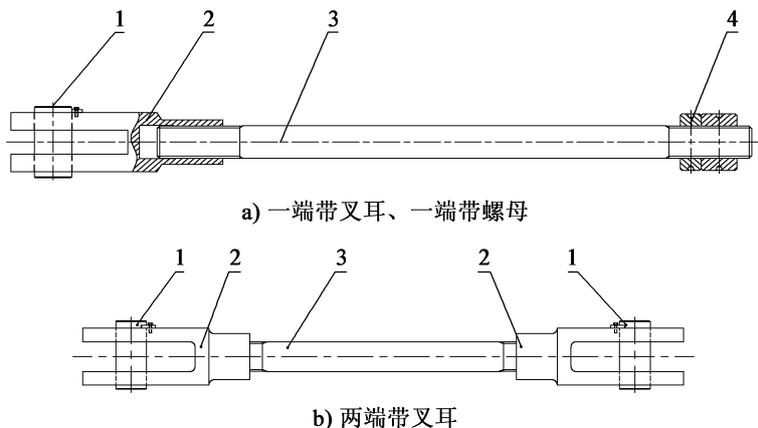
图 2 钢丝绳吊索结构示意图

4.2.1.3 刚性吊杆由销轴组件、叉耳、索体、螺母构成,包括一端带叉耳、一端带螺母和两端带叉耳两种结构形式。其结构示意图 3。索体主要技术参数参见附录 C。

### 4.2.2 索体

4.2.2.1 平行钢丝束索体是将高强度镀锌或锌铝合金镀层钢丝经过  $2^\circ$  到  $4^\circ$  的扭绞形成平行钢丝束,

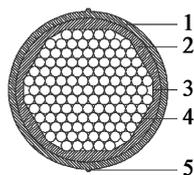
然后缠绕高强度聚酯纤维带,并热挤双层高密度聚乙烯护套,根据需要可在聚乙烯护套外面设置螺旋线等抗风雨振构造。其断面结构示意图 4。



说明:

- 1——销轴组件;     3——索体;
- 2——叉耳;         4——螺母。

图 3 刚性吊杆结构示意图

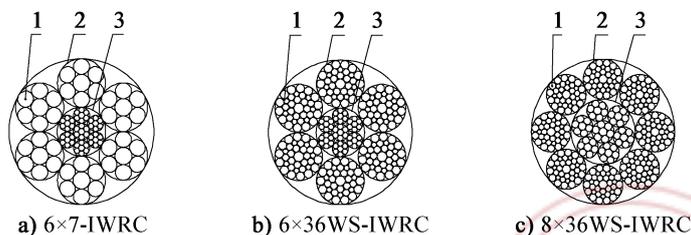


说明:

- 1——外层彩色高密度聚乙烯护套;     4——钢丝;
- 2——内层黑色高密度聚乙烯护套;     5——抗风雨振构造示意。
- 3——高强聚酯纤维带;

图 4 平行钢丝束吊索索体断面示意

4.2.2.2 钢丝绳吊索索体以钢丝绳为原料,钢丝绳是由两层钢丝或多个股围绕一个中心或一个绳芯螺旋捻制而成。其断面结构示意图 5。钢丝绳结构标记代号按 GB/T 8706 的规定。



说明:

- 1——钢丝;     2——外层股;     3——绳芯。

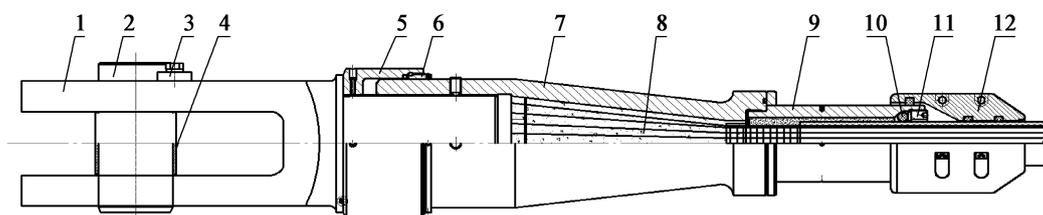
图 5 钢丝绳吊索索体断面示意

4.2.2.3 刚性吊杆索体采用钢拉杆。

4.2.3 锚具

4.2.3.1 平行钢丝束吊索锚具由与索夹及梁上构件连接的叉耳、销轴、挡板和与索体锚固的锚杯等组

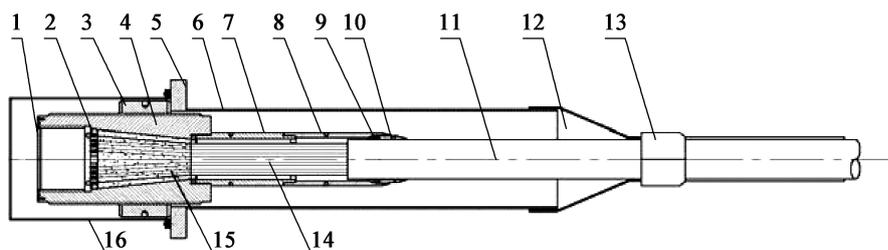
成。为实现销轴的灵活转动,销轴上安装了自润滑轴承,吊索与锚杯连接过渡部位采用连接筒、密封胶圈、密封压环、密封罩进行索端密封。其结构示意见图6。



说明:

- |           |        |                  |
|-----------|--------|------------------|
| 1——叉耳;    | 5——防水; | 9——连接筒;          |
| 2——销轴;    | 6——压环; | 10——密封胶圈;        |
| 3——挡板;    | 7——锚杯; | 11——密封压环;        |
| 4——自润滑轴承; | 8——填料; | 12——密封罩(仅在下端设置)。 |

a) 端头带叉耳



说明:

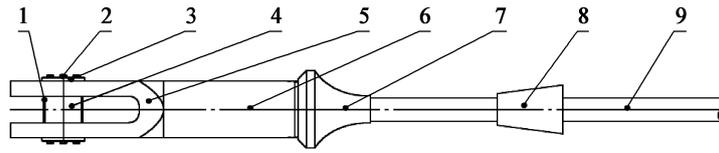
- |         |            |             |
|---------|------------|-------------|
| 1——盖板;  | 7——连接筒 a;  | 13——吊索密封罩;  |
| 2——分丝板; | 8——连接筒 b;  | 14——密封填料;   |
| 3——螺母;  | 9——密封胶圈;   | 15——冷铸锚固填料; |
| 4——锚杯;  | 10——密封压环;  | 16——锚具保护罩。  |
| 5——锚垫板; | 11——索体;    |             |
| 6——预埋管; | 12——吊索防护罩; |             |

b) 端头带螺母

图6 平行钢丝绳吊索锚具结构示意图

4.2.3.2 钢丝绳吊索锚具由与梁上构件连接的叉耳接头、销轴、端盖和与钢丝绳锚固的浇铸接头等构件构成。吊索设置锥形铸块固定吊索索夹。为实现销轴的灵活转动,销轴上安装了自润滑轴承。其结构示意见图7。缓冲器和锚杯连接方式可采用分体式连接,其中缓冲器和法兰整体硫化后与锚杯通过螺纹连接。其结构示意见图8。

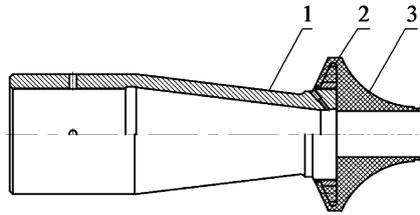
4.2.3.3 刚性吊杆锚具由叉耳、销轴、挡板构件构成。其中叉耳与杆体通过螺纹连接。其结构示意见图9。



说明:

- |           |          |           |
|-----------|----------|-----------|
| 1——自润滑轴承; | 4——销轴;   | 7——缓冲器;   |
| 2——螺栓;    | 5——叉耳接头; | 8——锥形铸块;  |
| 3——端盖;    | 6——浇铸接头; | 9——钢丝绳索体。 |

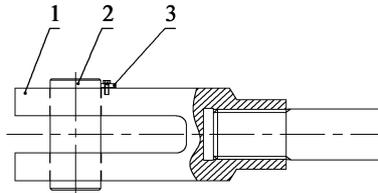
图7 钢丝绳吊索锚具结构示意图



说明:

- 1——锚杯;  
2——法兰;  
3——缓冲器。

图8 钢丝绳吊索缓冲器结构示意图



说明:

- 1——叉耳;  
2——销轴;  
3——挡板。

图9 刚性吊杆锚具结构示意图

### 4.3 型号

4.3.1 平行钢丝束吊索型号表示方法见图10。

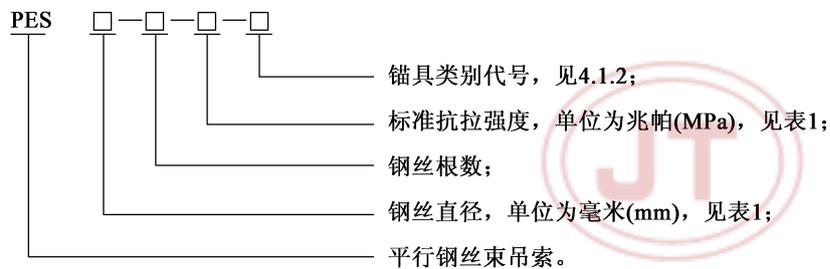


图10 平行钢丝束吊索型号表示方法

示例:

钢丝标准抗拉强度 1 670MPa, 钢丝直径 5mm, 根数 91 根, 采用冷铸锚的平行钢丝束吊索表示为 PES 5-91-1670-LM。

4.3.2 钢丝绳吊索型号表示方法见图 11。

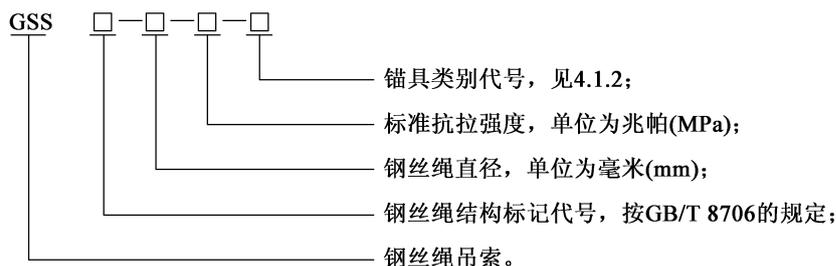


图 11 钢丝绳吊索型号表示方法

示例:

φ60 镀锌钢丝绳结构 6×36WS-IWRC, 标准抗拉强度 1960MPa, 采用冷铸锚的钢丝绳吊索表示为 GSS 6×36WS-IWRC-60-1960-LM。

4.3.3 刚性吊杆型号表示方法见图 12。

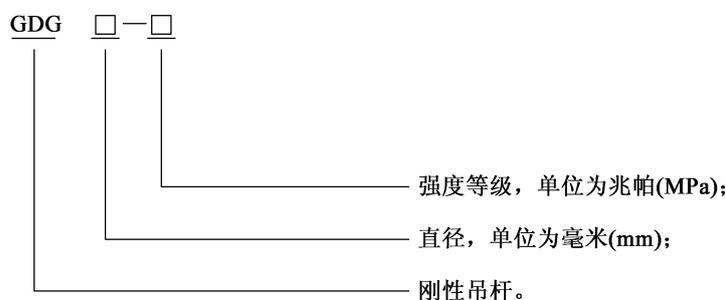


图 12 刚性吊索型号表示方法

示例:

强度级别 460MPa, 直径 80mm 的刚性吊杆表示为 GDG 80-460。

## 5 技术要求

### 5.1 材料

#### 5.1.1 钢丝

5.1.1.1 平行钢丝束吊索用钢丝主要技术指标应满足表 1 的要求。

表 1 钢丝技术指标

序号	项 目	单位	技术 指 标					
1	公称直径 $d$	mm	5.0 ± 0.06			7.0 ± 0.07		
2	圆度	mm	≤ 0.06			≤ 0.07		
3	公称截面积	mm <sup>2</sup>	19.63			38.50		
4	每米参考质量	g/m	153			301		
5	标准抗拉强度	MPa	≥ 1 670	≥ 1 770	≥ 1 860	≥ 1 670	≥ 1 770	≥ 1 860
6	规定非比例延伸强度	MPa	≥ 1 490	≥ 1 580	≥ 1 660	≥ 1 490	≥ 1 580	≥ 1 660

表 1(续)

序号	项 目		单位	技术 指 标
7	疲劳应力幅值		MPa	360
8	伸长率		%	≥4.0
9	弹性模量		MPa	$(2.0 \pm 0.1) \times 10^5$
10	反复弯曲		次	≥4, 不断裂
11	缠绕		圈	3d×8 圈, 不断裂
12	扭转性能		次	≥8, 不断裂
13	铝含量	镀锌钢丝	%	—
		镀锌铝合金钢丝	%	4.2~7.2
14	镀锌或镀锌铝层单位质量		g/m <sup>2</sup>	≥300
15	线径增加的平均值		mm	<0.13
16	镀层附着性		次	5d×8 圈, 镀层不开裂或不起层到用光裸手指擦掉的程度
17	硫酸铜 试验	镀锌钢丝	次	≥4, 每次 60s, 不挂铜
		镀锌铝合金钢丝	次	≥4, 每次 45s, 不挂铜
18	伸直性能 (取弦长 1 000mm 钢丝, 弦与弧的最大自然矢高)		mm	≤30
19	自由圈升高度 (5m 长钢丝在自由状态下 置于平面上时端部上翘值)		mm	≤150

**注 1:** 钢丝规定非比例延伸强度是钢丝在非比例延伸率 0.2% 时的强度。  
**注 2:** 疲劳应力幅值是指应力上限在 0.45 公称破断荷载条件下, 进行  $2 \times 10^6$  次疲劳循环试验, 钢丝不断裂的疲劳应力幅。

5.1.1.2 钢丝不允许有任何形式的接头。

5.1.1.3 制造钢丝用盘条的硫、磷含量均不应超过 0.025%, 铜含量不应超过 0.20%; 应采用经索氏体化处理的盘条。

5.1.1.4 钢丝经热浸镀锌(锌铝)工艺后应进行相应的稳定化处理, 以保证成品钢丝性能达到要求。

5.1.2 钢丝绳

5.1.2.1 钢丝绳捻距不应小于钢丝绳公称直径的 8 倍。

5.1.2.2 钢丝绳技术条件应符合 GB/T 8918、GB/T 20118 及 GB/T 20067 的规定。

5.1.3 刚性吊杆

5.1.3.1 刚性吊杆索体力学性能应符合 GB/T 20934 的规定。

5.1.3.2 根据刚性吊杆强度级别, 对刚性吊杆杆体及组件可选用碳素结构钢、优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢和合金结构钢等材料, 其牌号及化学成分应分别符合 GB/T 700、GB/T 699、GB/T 1591 和 GB/T 3077 等的规定。杆体及组件用材料应符合 GB/T 20934 的规定。

- 5.1.3.3 同一批刚性吊杆的同类组件应为同一牌号材料制造。
- 5.1.3.4 刚性吊杆连接件承载力不应低于杆体承载力。
- 5.1.3.5 刚性吊杆普通螺纹应符合 GB/T 196 和 GB/T 197 中 7H/6g 的规定,梯形螺纹应符合 GB/T 5796 中的 8H/7e 的规定。

#### 5.1.4 平行钢丝束吊索纤维带及护套

- 5.1.4.1 平行钢丝束吊索用高强聚酯纤维带应符合 GB/T 32963 的规定。
- 5.1.4.2 平行钢丝束吊索用高密度聚乙烯护套料应符合 CJ/T 297 的规定。

#### 5.1.5 锚具

- 5.1.5.1 锚具主要受力构件采用铸钢件时,材质宜采用 ZG20Mn 或 ZG35Cr1Mo,并应符合 JB/T 6402 的规定。主要受力构件不应有超过 GB/T 7233.1 中 II 级和 GB/T 9444 中 II 级质量等级要求的缺陷。
- 5.1.5.2 锚具主要受力构件采用锻钢件制作时,材质宜采用 45 号优质碳素结构钢、40Cr 或 42CrMo 合金结构钢,并应符合 GB/T 699 及 GB/T 3077 的规定。主要受力构件不应有超过 GB/T 6402 中 B 级和 JB/T 8468 中 2 级质量等级要求的缺陷。

#### 5.1.6 填料

- 5.1.6.1 热铸锚固填料为锌铜合金,其中锌含量为  $(98 \pm 0.2)\%$ ,应符合 GB/T 470 的规定;铜含量  $(2 \pm 0.2)\%$ ,应符合 GB/T 467 的规定。
- 5.1.6.2 冷铸锚固填料由钢丸、环氧树脂、固化剂、增韧剂、稀释剂等构成。冷铸填料在常温条件下,抗压强度应不小于 147MPa。

#### 5.1.7 其他构件

- 5.1.7.1 锚具保护罩宜采用碳素结构钢或不锈钢制作,材质应符合 GB/T 700 或 GB/T 4237 的规定。
- 5.1.7.2 防护罩宜采用铸铁或不锈钢,材质应符合 GB/T 9439 或 GB/T 4237 的规定。
- 5.1.7.3 密封罩宜采用优质碳素钢或不锈钢,材质应符合 GB/T 699 或 GB/T 4237 的规定。
- 5.1.7.4 缓冲器宜采用乙丙橡胶或氯丁橡胶,其性能应符合设计要求。
- 5.1.7.5 锥形铸块宜采用不小于 2 号的锌锭,应符合 GB/T 470 的规定。
- 5.1.7.6 其他构件采用其他材料时,其性能应符合相关标准的规定。

### 5.2 外观和尺寸偏差

#### 5.2.1 平行钢丝束吊索

- 5.2.1.1 护套外观应无破损,厚度均匀。外表面不应有深度大于 1.0mm、面积大于  $100\text{mm}^2$  的表面缺陷。
- 5.2.1.2 护套厚度不大于 10mm 时,厚度允许偏差  $-0.5\text{mm} \sim +1.0\text{mm}$ ;护套厚度大于 10mm 时,厚度允许偏差  $-0.5\text{mm} \sim +2.0\text{mm}$ 。
- 5.2.1.3 索体直径允许偏差为公称直径的  $0\% \sim +5\%$ 。
- 5.2.1.4 吊索特殊位置处应设置标记点,主要标记点应有:锚杯端面位置点、吊索长度标记点(与锚头端面距离为 300mm)。
- 5.2.1.5 吊索侧面应沿轴向设置一条母线标志,以监测安装时索体不发生扭转。
- 5.2.1.6 吊索交货长度为恒载状态设计长度。叉形耳板安装后,吊索两端耳板销孔间长度允许误差  $\pm 2.0\text{mm}$ 。

### 5.2.2 钢丝绳吊索索体

5.2.2.1 索体表面应整洁,不应有松散、划伤、锈蚀等缺陷;索体钢丝不应有凸起、折断和错乱交叉现象,在自然状态下不应出现螺旋形卷曲。

5.2.2.2 索体钢丝应捻制紧密均匀、平直和不松散,索体直径在预张拉后正偏差不应大于5%,负偏差应为0。

5.2.2.3 吊索应根据要求在特殊位置处设置标记点,主要标记点应有:锚头端面位置点、吊索长度标记点(与锚头端面的距离为300mm)、吊索中点、吊索夹具(骑跨式吊索时用)定位点。

5.2.2.4 钢丝绳吊索长度允许误差如下:

- a) 成品吊索交货长度为恒载状态设计长度,吊索长度标记点间距离允许误差应满足表2的要求;
- b) 吊索锚头端面与5.2.2.3规定的最近标记点间距离允许误差 $\pm 3\text{mm}$ 。

表2 钢丝绳吊索长度允许误差

长度标记点间距离(m)	允许误差(mm)
<60	$\pm 3.0$
60~120	$\pm 5.0$
120~180	$\pm 7.0$
>180	$\pm 9.0$
同一吊点的相对误差	$\pm 1.0$

### 5.2.3 刚性吊杆

5.2.3.1 刚性吊杆表面应光滑,不应有目视可见的裂纹、折叠、分层、结疤和锈蚀等缺陷。经机械加工的刚性吊杆组件表面粗糙度值应不大于 $Ra12.5$ ,刚性吊杆表面防护处理应符合JT/T 722规定。

5.2.3.2 刚性吊杆杆体直径允许偏差、圆度和弯曲度应符合GB/T 702的规定。

5.2.3.3 刚性吊杆杆体长度允许误差应满足表3的要求。

表3 钢丝绳吊索长度允许误差

索体长度(m)	允许误差(mm)
$\leq 5$	$\pm 5.0$
>5~10	$\pm 10.0$
>10	$\pm 15.0$

### 5.2.4 锚具

锚具外表面防腐层不应有可视损伤,螺纹不应有任何碰伤,螺纹连接副应能自由旋合。

## 5.3 性能

### 5.3.1 弹性模量

5.3.1.1 平行钢丝束吊索宏观弹性模量应不小于 $1.90 \times 10^5 \text{MPa}$ 。

5.3.1.2 钢丝绳吊索弹性模量应采用预张拉后实测值,其值不宜小于  $1.1 \times 10^5$  MPa。

5.3.1.3 刚性吊杆弹性模量应为  $(2.06 \pm 0.1) \times 10^5$  MPa。

### 5.3.2 静载性能

#### 5.3.2.1 平行钢丝束吊索

静载破断荷载不小于索体公称破断荷载的 95%,即平行钢丝束吊索按 6.3.2.1 方法试验后,锚具等附属构件不应有损伤,锚具旋合正常,钢丝的破断率小于 5% 且断丝不应发生在锚固区。

#### 5.3.2.2 钢丝绳吊索

钢丝绳吊索静载性能要求如下:

- a) 静载破断荷载不小于索体公称破断荷载的 95%,即吊索按 6.3.2.1 方法试验后,钢丝的破断率小于 5% 且断丝不应发生在锚固区;
- b) 骑跨式吊索按 6.3.2.2 方法进行弯曲静载试验后,弯曲静载破断荷载不应小于索体公称破断荷载的 85%,即钢丝的破断率小于 5% 且断丝不应发生在锚固区。

#### 5.3.2.3 刚性吊杆

刚性吊杆应能承受 0.85 倍杆体屈服强度的拉力。卸载后残余变形率应不大于 0.2%,各部分应转动灵活。

### 5.3.3 吊索疲劳性能

按 6.3.3.2 的方法试验后,钢丝绳及平行钢丝束吊索断丝率应不大于 5%,断丝不应发生在锚固区;吊索护层不应有明显损伤,锚头应无损坏。

### 5.3.4 平行钢丝束吊索水密性能

按照 6.3.4 的方法试验后,吊索的索体、索体与锚具连接部位、锚具及其密封结构均不应进水。

## 5.4 工艺

### 5.4.1 平行钢丝束吊索

#### 5.4.1.1 扭绞

按设计长度和规格型号要求,将一定数量钢丝呈正六边形或缺角六边形紧密排列,将钢丝束同心向左向扭绞,最外层钢丝扭合角应为  $(3 \pm 0.5)^\circ$ ,并右向缠绕高强聚酯纤维带,其单层重叠宽度应不小于带宽 1/3,且重叠层数应不大于 4 层。

#### 5.4.1.2 挤塑

在扭绞后的钢丝束外表面热挤双层高密度聚乙烯形成防护套,内层护套为黑色,外层护套颜色可根据设计确定,不宜采用黑色。

#### 5.4.1.3 灌锚(锚具浇铸)

##### 5.4.1.3.1 热铸锚

热铸锚具浇铸要求如下:

- a) 索体灌锚前应在适当位置有效固定,以防索体钢丝错动;
- b) 索体端头钢丝散开后应清除油污、锈蚀,用分丝板分开钢丝,保持适当的间距;
- c) 清洗锚具内壁,灌铸锌铜合金前应将锚具预热至  $(150 \pm 10)^\circ\text{C}$ ;
- d) 索体插入锚具深度误差应控制在  $\pm 5\text{mm}$ ,保持索体中心与锚具中心一致,并将其固定;
- e) 锌铜合金灌铸温度应为  $(460 \pm 10)^\circ\text{C}$ ;
- f) 合金灌铸应密实、无气孔,灌铸量(合金铸入率)应为每只锚具实际容量的 92% 以上;



g) 索体与锚具端面垂直度应为 $(90 \pm 0.5)^\circ$ 。

#### 5.4.1.3.2 冷铸锚

在浇铸前应将锚板按设计位置定位于锚杯中,钢丝镦头抵紧锚板。然后将配好的冷铸锚固填料灌注到经过预热的锚杯中,振动锚杯。振动时应采取保护措施,防止损伤锚杯和护套,并有可靠的防漏措施。

#### 5.4.1.4 预张拉(顶压)

吊索预张拉要求如下:

- a) 热铸锚吊索出厂前应进行预张拉或顶压。力值为设计索力的 1.25 倍或吊索公称破断荷载的 0.5 倍,持续时间 5min,每个锚具铸体的位移量应小于 5mm;
- b) 冷铸锚吊索出厂前应进行预张拉。力值为设计索力的 1.25 倍或吊索公称破断荷载的 0.5 倍。张拉后,冷铸锚中锚板回缩值应小于 5mm,锚圈与锚杯旋合不受影响。

#### 5.4.1.5 索端密封

吊索在索端密封前应对锚具连接筒段、锚具以及索体进行表面清洁处理,清除水、油污等残留杂质。

### 5.4.2 钢丝绳吊索

5.4.2.1 制作吊索前,需对钢丝绳进行预张拉,以消除非弹性变形。最后两次预张拉的非弹性变形量之差应不大于预张拉长度的 0.15%。

5.4.2.2 预张拉荷载应为钢丝绳公称破断荷载 55%,持荷时间应不小于 60min,预张拉次数应不小于 3 次,应以消除非弹性变形为目的。

5.4.2.3 钢丝绳预张拉时宜采用临时锚具预张拉,若采用夹具锚固张拉时应保证钢丝绳芯无滑动;张拉完成后,临时锚具或夹具处钢丝绳应切除,不应留在成品吊索长度范围内。

5.4.2.4 索体应采用无齿锯切割,不应采用火焰气割,保证切断面与索体垂直。

5.4.2.5 制锚时应采用工装,以保证索体与锚具夹角为 $(90 \pm 0.5)^\circ$ ,热铸料应灌铸密实,无内气孔,灌铸量为每只浇铸锚具实际容量的 92% 以上。

5.4.2.6 吊索出厂前均应进行超张拉检测,超张拉荷载为设计索力的 1.25 倍或钢丝绳吊索公称破断荷载的 0.5 倍。钢丝绳吊索超张拉后,每个锚具铸体的位移量应小于 5mm。

5.4.2.7 按设计要求制作锥形铸块及吊索缓冲器。

5.4.2.8 钢丝绳护套应根据委托方要求制作。

### 5.4.3 刚性吊杆

5.4.3.1 杆体宜采用锯床定尺下料,考虑后续机加工、热处理留加工余量。

5.4.3.2 单根棒材制作的索体端部,可锻造后机加工或直接机加工,宜采用螺纹连接或铰连接。锻造后机加工并采用螺纹连接时,应保证螺纹的最小直径不小于杆体直径。

5.4.3.3 对整根刚性吊杆进行校直。

5.4.3.4 刚性吊杆相同组件应保证互换性。

5.4.3.5 刚性吊杆表面喷涂应按设计要求进行。喷涂前应进行除油除锈(抛丸)处理。

## 6 试验方法

### 6.1 材料

#### 6.1.1 钢丝

钢丝试验应按照 GB/T 17101 规定的方法进行。

### 6.1.2 钢丝绳

钢丝绳试验应按照 GB/T 8918、GB/T 20067、GB/T 20118 规定的方法进行。

### 6.1.3 刚性吊杆

刚性吊杆试验应按照 GB/T 20934 规定的方法进行。

### 6.1.4 平行钢丝束吊索用高强聚酯纤维带

6.1.4.1 高强聚酯纤维带宽度和厚度尺寸用卡尺和千分尺进行测量。

6.1.4.2 高强聚酯纤维带检验应按照 GB/T 30776 规定的方法进行。

### 6.1.5 平行钢丝束吊索用高密度聚乙烯护套料

高密度聚乙烯护套料试验应按照 CJ/T 297 规定的方法进行。

### 6.1.6 锚具

锚具主要受力构件试验方法按表 4 的要求进行。

表 4 锚具主要受力构件试验方法

序号	项目	试验方法
1	超声波检测	GB/T 7233.1、GB/T 6402
2	磁粉检测	GB/T 9444、JB/T 8468
3	外形尺寸	游标卡尺测量
4	螺纹尺寸	螺纹规检查
5	表面硬度	GB/T 231.1

### 6.1.7 锚固填料

6.1.7.1 锚具热铸填料用锌铜合金锭应抽样进行化学成分分析,试验方法按照 GB/T 12689 规定的方法进行。

6.1.7.2 每个冷铸锚在浇铸填料时应同时制作一组三个尺寸为  $\phi 25\text{mm} \times 30\text{mm}$  或  $30\text{mm} \times 30\text{mm} \times 30\text{mm}$  的冷铸锚固填料试件同炉固化。试验方法按照 GB/T 18365 规定的方法进行。

## 6.2 外观和尺寸偏差

### 6.2.1 外观

吊索外观、锚具外观、索体与锚具连接处的密封处理用目测检查。

### 6.2.2 长度

6.2.2.1 平行钢丝束吊索和钢丝绳吊索长度测量要求如下:

- a) 吊索在进行预张拉后,在恒载拉力下进行长度标记;
- b) 长度标记后,卸载至零荷载,然后重新加载至恒载下复测长度。

6.2.2.2 刚性吊杆长度应采用钢直尺或钢卷尺进行测量。



### 6.2.3 直径

- 6.2.3.1 平行钢丝束吊索每根吊索每隔 30m 在索体最大直径处间隔 60°用游标卡尺进行测量。
- 6.2.3.2 钢丝绳吊索直径检测用有适当宽度钳口游标卡尺测量。
- 6.2.3.3 刚性吊杆直径应采用游标卡尺进行测量。

### 6.2.4 平行钢丝束吊索护套厚度

在吊索索体灌锚前取索体两端六边或近似六边形角上最小厚度处测量。

## 6.3 性能

### 6.3.1 弹性模量

- 6.3.1.1 平行钢丝束吊索弹性模量测定应在预张拉后进行。
- 6.3.1.2 钢丝绳吊索弹性模量测定应在预张拉消除非弹性变形后进行。
- 6.3.1.3 刚性吊杆弹性模量测定可在检测吊杆杆体力学性能试验时检测。
- 6.3.1.4 吊索弹性模量可用试验索进行测定,也可在成品索上进行测定。每种规格型号吊索应至少测定一根的弹性模量。
- 6.3.1.5 弹性模量采用引伸仪和力传感器进行测量,试验步骤:由  $0.2P_b$  开始,每级加载  $0.1P_b$ ,持荷 5min,直至  $0.5P_b$ ,加载速度不大于 100MPa/min,根据最终和起始荷载下索长与荷载的变化计算弹性模量  $E$ ,见式(1):

$$E = \frac{P_2 - P_1}{\Delta L} \times \frac{L_0}{F} \quad (1)$$

式中: $P_1$ ——起始测量载荷,单位为牛顿(N);

$P_2$ ——终了测量载荷,单位为牛顿(N);

$\Delta L$ ——对应于  $P_1$ 、 $P_2$  载荷下的长度变化值,单位为毫米(mm);

$L_0$ ——原始长度,单位为毫米(mm);

$F$ ——试验索中钢丝公称截面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ )。

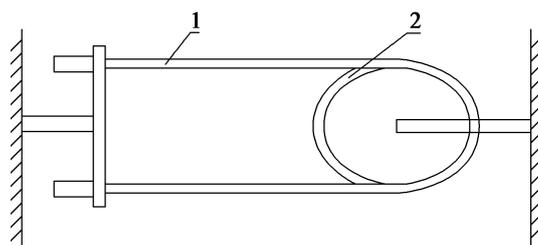
### 6.3.2 吊索静载性能

6.3.2.1 平行钢丝束和钢丝绳吊索竖向静载性能试验采用力传感器和标尺进行测量,按以下要求进行:

- 试验吊索长度(不计两端锚头长度)不小于 3m,根数不少于 3 根;
- 试验由  $0.1P_b$  开始,逐级加载至  $0.5P_b$ ,每级  $0.1P_b$ ,加载速度 100MPa/min,每级持荷时间 2min,测量每级吊索长度变化。当荷载达到  $0.5P_b$  后持荷 10min,然后继续逐级加载,每级  $0.05P_b$ ,加载速度 100MPa/min,每级持荷时间 2min,测量每级索长变化;
- 当加载至  $0.95P_b$  后,持荷 2min,停止加载,试验结束。随后解剖索体,检查钢丝破断情况;
- 试验过程中观测试件状况,如有异常现象发生,应记录发生异常位置、现象及当时荷载。

6.3.2.2 钢丝绳吊索弯曲静载性能试验采用力传感器和标尺进行测量,按以下要求进行:

- 骑跨式钢丝绳吊索宜进行弯曲静载试验,试验装置见图 13。
- 骑跨式试验吊索长度(不计两端锚头长度)不小于钢丝绳直径 100 倍,张拉盘直径与索夹槽直径相同。试验吊索根数不小于两根。
- 加载过程见 6.3.2.1 的 b),当加载至  $0.85P_b$  后,持荷 2min,停止加载,试验结束。随后解剖索体,检查钢丝破断情况。



说明:

- 1——骑跨式钢丝绳吊索;  
2——张拉盘。

图 13 弯曲静载试验装置示意

d) 试验过程中观测试件状况,如有异常现象发生,应记录发生异常位置、现象及当时荷载。

6.3.2.3 刚性吊杆应符合 GB/T 20934 规定,根据需方要求,可进行刚性吊杆静载破断试验。

### 6.3.3 疲劳性能

6.3.3.1 试验吊索应采用有代表的实型吊索,数量应不少于两根,长度(不计两端锚头长度)不小于 3m。

6.3.3.2 先加荷载 1.2 倍的静载并持荷 10min 卸载,然后用脉动荷载加载,上限荷载为  $0.35P_b$ ,应力幅为 150MPa;经  $2 \times 10^6$  次脉冲循环加载试验后,检查疲劳性能是否符合 5.3.3 的要求。

### 6.3.4 平行钢丝束吊索静态水密性

从 6.3.3 疲劳试验后的吊索中取一根(未进行  $0.95P_b$  拉伸试验吊索)进行静态水密性试验,试验方法按 JT/T 775 的规定进行。

### 6.3.5 平行钢丝束吊索和钢丝绳吊索预张拉试验

6.3.5.1 使用液压千斤顶作为加载装置,荷载由压力表控制,压力表精度不低于 1.5 级。

6.3.5.2 预张拉装置加载精度,在测定范围内保持在  $\pm 2\%$  以内。

6.3.5.3 将拉索置于台座中,逐渐加载至预张力的 10%,检查加载装置及吊索连接系统准确可靠后,继续缓慢加载至预拉索力,并分 5 级加载。

6.3.5.4 加载速度不大于 100MPa/min。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

吊索的检验分型式检验和出厂检验。平行钢丝束吊索检验项目见表 5,钢丝绳吊索检验项目见表 6,刚性吊杆检验项目见表 7。

表 5 平行钢丝束吊索型式检验和出厂检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
1	吊索外观	5.2.1.1	6.2.1	+	+
2	护套厚度	5.2.1.2	6.2.4	+	+

表5(续)

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
3	索体直径	5.2.1.3	6.2.3.1	+	+
4	锚具	5.2.4	6.1.6	+	+
5	吊索长度	5.2.5.1	6.2.2.1	+	+
6	弹性模量	5.3.1.1	6.3.1	+	+
7	静载试验	5.3.2.1	6.3.2.1	+	-
8	疲劳试验	5.3.3	6.3.3	+	-
9	静动态水密性试验	5.3.4	6.3.4	+	-
10	预张拉(顶压)	5.4.1.4	6.3.5	+	+

注：“+”表示需要检验的项目，“-”表示不需要检验的项目。

表6 钢丝绳吊索型式检验和出厂检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
1	吊索外观	5.2.2.1	6.2.1	+	+
2	索体直径	5.2.2.2	6.2.3.2	+	+
3	锚具	5.2.4	6.1.6	+	+
4	吊索长度	5.2.5.2	6.2.2.1	+	+
5	弹性模量	5.3.1.2	6.3.1	+	+
6	静载试验	5.3.2.1	6.3.2.1	+	-
7	静载试验(弯曲)	5.3.2.2	6.3.2.2	+	-
8	疲劳试验	5.3.3	6.3.3	+	-
9	预张拉(顶压)	5.4.1.4	6.3.5	+	+

注：“+”表示需要检验的项目，“-”表示不需要检验的项目。

表7 刚性吊杆型式检验和出厂检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
1	刚性吊杆外观	5.2.3.1	6.2.1	+	+
2	直径	5.2.3.2	6.2.3.3	+	+
3	锚具	5.2.4	6.1.6	+	+
4	长度	5.2.5.3	6.2.2.2	+	+
5	弹性模量	5.3.1.3	6.3.1.3	+	-
6	静载试验	5.3.2.3	6.3.2.3	+	-

注：“+”表示需要检验的项目，“-”表示不需要检验的项目。

## 7.2 有下列情况之一时,应进行型式检验

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- b) 正式生产后,如结构、材料、工艺有改变,影响产品性能时;
- c) 正常生产时,定期或积累一定产量后,每二年至三年进行一次检验;
- d) 产品长期停产后,恢复生产时;
- e) 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。

## 7.3 抽样

型式检验的吊索试件应采用与批量化生产相同的材料和工艺进行试制,或者从批量产品中抽取试样并制成试验索进行检验。

## 7.4 判定规则

### 7.4.1 出厂检验

7.4.1.1 每根平行钢丝束吊索应按检验项目表 5 序号 1~6、10 进行检验(序号 6 可按每种规格至少一根进行检验),如有一项未通过,该根吊索即为不合格品。

7.4.1.2 每根钢丝绳吊索应按检验项目表 6 序号 1~5、9 进行检验(序号 5 可按每种规格至少一根进行检验),如有一项未通过,该根吊索即为不合格品。

7.4.1.3 每根刚性吊杆应按检验项目表 7 序号 1~4 进行检验,如有一项未通过,该根吊杆即为不合格品。

### 7.4.2 型式检验

平行钢丝束吊索、钢丝绳吊索和刚性吊杆应按检验项目应分别按照表 5~表 7 中全指标进行检验。型式检验的吊索试件应采用与批量化生产相同的材料和工艺进行制作。

## 8 标志、包装、运输和储存

### 8.1 标志

8.1.1 在每根吊索两端锚具上,用红色油漆标明吊索编号与规格型号。

8.1.2 每根吊索应有合格标牌,合格标牌和质量保证单相对应。标牌应牢固可靠地系于包装层外的两端锚具上,并确保在运输过程中不丢失。标牌上应注明工程名称、吊索编号、规格型号、长度、质量、制造厂名及生产日期等,字迹应清晰。

### 8.2 包装

8.2.1 吊索经出厂检验合格后应独立包装,索体包装共两层:内层棉布、外层包覆纤维编织布。两端锚具涂防锈油脂、用聚丙烯薄膜及塑料纤维编织布双层包装后,再用三合一塑料编织套作整体包裹。

8.2.2 骑跨式钢丝绳成品吊索上盘时,应将吊索在中央对弯,由中央向两侧卷绕,中央对弯部分的弯曲半径要大于钢丝绳直径的 8 倍以上。

8.2.3 平行钢丝束吊索或钢丝绳吊索应以脱胎成圈或网盘卷绕的形式包装,其圈(盘)绕内径视吊索规格而定,宜不小于 20 倍吊索直径。

8.2.4 平行钢丝束吊索或钢丝绳吊索每盘应采用不损伤索体表面质量的材料捆扎结实,捆扎不少于 6 道。

### 8.3 运输

8.3.1 成品吊索运输时应垫防水材料。运输过程中应采取防水、防火措施。应避免易造成包装损坏的运输方式。

8.3.2 成品吊索不论采用何种运输工具,在运输和装卸过程中应采取措施防止腐蚀或机械损伤。

### 8.4 储存

按要求包装后的成品索应平稳整齐堆垛,不应与地面直接接触,且不宜户外存放,若户外存放应加遮盖。同时两端的锚具应有保护和固定措施。



## 附录 A

## (资料性附录)

## 平行钢丝束吊索索体主要技术参数

平行钢丝束吊索索体主要技术参数参见表 A.1、表 A.2。

表 A.1  $\phi 5\text{mm}$  平行钢丝束吊索索体主要技术参数表

规格	索 体			钢 丝 束			钢丝标准抗拉强度 $f_{pk}$ (MPa)			
	外径 (mm)	护套层厚 (mm)		单位 质量 (kg/m)	直径 (mm)	金属 面积 (mm <sup>2</sup> )	单位 质量 (kg/m)	1 670	1 770	1 860
		内层	外层					破断索力 $P_b$ (kN)		
PES( ) -5.0 -55	55	4	3	9.5	41.1	1 080	8.5	1 803	1 911	2 009
PES( ) -5.1 -55	56	4	3	9.8	42.3	1 124	8.8	1 876	1 989	2 090
PES( ) -5.2 -55	57	4	3	10.3	43.1	1 168	9.2	1 951	2 067	2 173
PES( ) -5.3 -55	58	4	3	10.6	44.0	1 213	9.5	2 026	2 148	2 257
PES( ) -5.4 -55	59	4	3	11.0	44.8	1 260	9.9	2 104	2 230	2 343
PES( ) -5.5 -55	60	4	3	11.5	45.7	1 307	10.3	2 182	2 313	2 430
PES( ) -5.0 -61	59	4	3	10.7	45.0	1 198	9.4	2 000	2 120	2 228
PES( ) -5.1 -61	60	4	3	11.1	45.9	1 246	9.8	2 081	2 206	2 318
PES( ) -5.2 -61	61	4	3	11.6	46.8	1 295	10.2	2 163	2 293	2 410
PES( ) -5.3 -61	62	4	3	12.0	47.7	1 346	10.6	2 247	2 382	2 503
PES( ) -5.4 -61	63	4	3	12.5	48.6	1 397	11.0	2 333	2 473	2 598
PES( ) -5.5 -61	64	4	3	12.9	49.5	1 449	11.4	2 420	2 565	2 696
PES( ) -5.0 -73	63	4	3	12.6	48.6	1 433	11.3	2 394	2 537	2 666
PES( ) -5.1 -73	64	4	3	13.1	49.6	1 491	11.7	2 490	2 640	2 774
PES( ) -5.2 -73	65	4	3	13.6	50.5	1 550	12.2	2 589	2 744	2 884
PES( ) -5.3 -73	66	4	3	14.0	51.5	1 611	12.6	2 690	2 851	2 996
PES( ) -5.4 -73	67	4	3	14.5	52.5	1 672	13.1	2 792	2 959	3 110
PES( ) -5.5 -73	68	4	3	15.1	53.5	1 734	13.6	2 896	3 070	3 226
PES( ) -5.0 -85	65	4	3	14.4	50.8	1 669	13.1	2 787	2 954	3 104
PES( ) -5.1 -85	66	4	3	14.9	51.8	1 736	13.6	2 900	3 073	3 230
PES( ) -5.2 -85	67	4	3	15.6	52.8	1 805	14.2	3 015	3 195	3 358
PES( ) -5.3 -85	68	4	3	16.1	53.8	1 875	14.7	3 132	3 319	3 488
PES( ) -5.4 -85	69	4	3	16.7	54.9	1 947	15.3	3 251	3 446	3 621
PES( ) -5.5 -85	70	4	3	17.3	55.9	2 019	15.9	3 372	3 574	3 756

表 A.1 (续)

规格	索 体				钢 丝 束			钢丝标准抗拉强度 $f_{pk}$		
	外径 (mm)	护套层厚 (mm)		单位 质量 (kg/m)	直径 (mm)	金属 面积 (mm <sup>2</sup> )	单位 质量 (kg/m)	(MPa)		
		内层	外层					1 670	1 770	1 860
								破断索力 $P_b$ (kN)		
PES( ) -5.0 -91	69	4	3	15.6	55.0	1 787	14.0	2 984	3 163	3 323
PES( ) -5.1 -91	70	4	3	16.3	56.1	1 859	14.6	3 104	3 290	3 458
PES( ) -5.2 -91	71	4	3	16.9	57.2	1 933	15.2	3 227	3 421	3 595
PES( ) -5.3 -91	72	4	3	17.5	58.3	2 008	15.8	3 353	3 553	3 734
PES( ) -5.4 -91	73	4	3	18.1	59.4	2 084	16.4	3 480	3 689	3 876
PES( ) -5.5 -91	75	4	3	18.9	60.5	2 162	17.0	3 611	3 827	4 021
PES( ) -5.0 -109	72	4	3	18.3	57.9	2 140	16.8	3 574	3 788	3 981
PES( ) -5.1 -109	73	4	3	18.3	59.1	2 227	16.8	3 719	3 941	4 142
PES( ) -5.2 -109	74	4	3	19.0	60.2	2 315	17.5	3 866	4 097	4 306
PES( ) -5.3 -109	75	4	3	19.7	61.4	2 405	18.2	4 016	4 256	4 473
PES( ) -5.4 -109	77	4	3	20.5	62.5	2 496	18.9	4 169	4 419	4 643
PES( ) -5.5 -109	78	4	3	21.3	63.7	2 590	19.6	4 325	4 584	4 817
PES( ) -5.0 -121	75	4	3	20.3	60.7	2 376	18.7	3 968	4 205	4 419
PES( ) -5.1 -121	76	4	3	21.0	61.9	2 472	19.4	4 128	4 375	4 598
PES( ) -5.2 -121	77	4	3	21.8	63.1	2 570	20.2	4 291	4 548	4 780
PES( ) -5.3 -121	78	4	3	22.6	64.3	2 669	21.0	4 458	4 725	4 965
PES( ) -5.4 -121	80	4	3	23.6	65.6	2 771	21.8	4 628	4 905	5 154
PES( ) -5.5 -121	81	4	3	24.4	66.8	2 875	22.6	4 801	5 088	5 347
PES( ) -5.0 -127	79	4	3	21.6	65.0	2 494	19.6	4 164	4 414	4 638
PES( ) -5.1 -127	80	4	3	22.4	66.3	2 594	20.4	4 333	4 592	4 826
PES( ) -5.2 -127	82	4	3	23.3	67.6	2 697	21.2	4 504	4 774	5 017
PES( ) -5.3 -127	83	4	3	24.1	68.9	2 802	22.0	4 679	4 959	5 211
PES( ) -5.4 -127	84	4	3	25.0	70.2	2 909	22.8	4 857	5 148	5 410
PES( ) -5.5 -127	86	4	3	26.0	71.5	3 017	23.7	5 039	5 341	5 612
PES( ) -5.0 -139	82	5	3	23.3	65.9	2 729	21.4	4 558	4 831	5 076
PES( ) -5.1 -139	83	5	3	24.2	67.2	2 840	22.3	4 742	5 026	5 282
PES( ) -5.2 -139	85	5	3	25.2	68.5	2 952	23.2	4 930	5 225	5 491
PES( ) -5.3 -139	86	5	3	26.1	69.9	3 067	24.1	5 121	5 428	5 704
PES( ) -5.4 -139	87	5	3	27.0	71.2	3 183	25.0	5 316	5 635	5 921

表 A.1 (续)

规格	索 体				钢 丝 束			钢丝标准抗拉强度 $f_{pk}$		
	外径 (mm)	护套层厚 (mm)		单位 质量 (kg/m)	直径 (mm)	金属 面积 (mm <sup>2</sup> )	单位 质量 (kg/m)	(MPa)		
		内层	外层					1 670	1 770	1 860
								破断索力 $P_b$ (kN)		
PES( ) - 5.5 - 139	89	5	3	28.0	72.5	3 302	25.9	5 515	5 845	6 142
PES( ) - 5.0 - 151	83	5	3	25.2	67.4	2 965	23.3	4 951	5 248	5 515
PES( ) - 5.1 - 151	85	5	3	26.2	68.7	3 085	24.2	5 151	5 460	5 737
PES( ) - 5.2 - 151	86	5	3	27.2	70.1	3 207	25.2	5 355	5 676	5 965
PES( ) - 5.3 - 151	87	5	3	28.2	71.4	3 331	26.2	5 563	5 896	6 196
PES( ) - 5.4 - 151	89	5	3	29.2	72.8	3 458	27.1	5 775	6 121	6 432
PES( ) - 5.5 - 151	90	5	3	30.3	74.1	3 588	28.2	5 991	6 350	6 673
PES( ) - 5.0 - 163	87	5	4	27.3	70.6	3 200	25.1	5 345	5 665	5 953
PES( ) - 5.1 - 163	90	5	4	28.5	72.0	3 330	26.1	5 561	5 894	6 193
PES( ) - 5.2 - 163	91	5	4	29.6	73.4	3 462	27.2	5 781	6 127	6 439
PES( ) - 5.3 - 163	93	5	4	30.8	74.8	3 596	28.2	6 005	6 365	6 689
PES( ) - 5.4 - 163	94	5	4	31.9	76.2	3 733	29.3	6 234	6 608	6 943
PES( ) - 5.5 - 163	96	5	4	33.1	77.7	3 873	30.4	6 467	6 855	7 203
PES( ) - 5.0 - 187	93	5	4	31.1	75.0	3 672	28.8	6 132	6 499	6 829
PES( ) - 5.1 - 187	95	5	4	32.4	76.5	3 820	30.0	6 380	6 762	7 105
PES( ) - 5.2 - 187	96	5	4	33.6	78.0	3 971	31.2	6 632	7 029	7 387
PES( ) - 5.3 - 187	98	5	4	34.9	79.5	4 126	32.4	6 890	7 302	7 674
PES( ) - 5.4 - 187	99	5	4	36.1	81.0	4 283	33.6	7 152	7 580	7 966
PES( ) - 5.5 - 187	101	5	4	37.5	82.5	4 443	34.9	7 419	7 864	8 264
PES( ) - 5.0 - 199	95	5	4	33.2	77.1	3 907	30.7	6 525	6 916	7 268
PES( ) - 5.1 - 199	97	5	4	34.5	78.6	4 065	31.9	6 789	7 195	7 561
PES( ) - 5.2 - 199	98	5	4	35.8	80.2	4 226	33.2	7 058	7 480	7 861
PES( ) - 5.3 - 199	100	5	4	37.2	81.72	4 390	34.5	7 332	7 771	8 166
PES( ) - 5.4 - 199	101	5	4	38.4	83.3	4 558	35.8	7 611	8 067	8 477
PES( ) - 5.5 - 199	103	5	4	39.9	84.8	4 728	37.1	7 896	8 368	8 794
PES( ) - 5.0 - 211	101	6	4	35.6	80.5	4 143	32.5	6 919	7 333	7 706
PES( ) - 5.1 - 211	102	6	4	36.9	82.1	4 310	33.8	7 198	7 629	8 017
PES( ) - 5.2 - 211	104	6	4	38.4	83.7	4 481	35.2	7 483	7 931	8 335
PES( ) - 5.3 - 211	105	6	4	39.7	85.3	4 655	36.5	7 774	8 239	8 658

表 A.1 (续)

规格	索 体			钢 丝 束			钢丝标准抗拉强度 $f_{pk}$				
	外径 (mm)	护套层厚 (mm)		单位 质量 (kg/m)	直径 (mm)	金属 面积 (mm <sup>2</sup> )	单位 质量 (kg/m)	(MPa)			
		内层	外层					1 670	1 770	1 860	
									破断索力 $P_b$ (kN)		
PES( ) - 5.4 - 211	107	6	4	41.2	86.9	4 832	37.9	8 070	8 553	8 988	
PES( ) - 5.5 - 211	109	6	4	42.9	88.6	5 013	39.4	8 372	8 873	9 324	
PES( ) - 5.0 - 223	103	6	4	37.4	83.1	4 379	34.4	7 312	7 750	8 144	
PES( ) - 5.1 - 223	105	6	4	38.9	84.8	4 555	35.8	7 608	8 063	8 473	
PES( ) - 5.2 - 223	106	6	4	40.3	86.4	4 736	37.2	7 909	8 383	8 809	
PES( ) - 5.3 - 223	108	6	4	41.8	88.1	4 920	38.6	8 216	8 708	9 151	
PES( ) - 5.4 - 223	110	6	4	43.4	89.7	5 107	40.1	8 529	9 040	9 499	
PES( ) - 5.5 - 223	111	6	4	44.9	91.4	5 298	41.6	8 848	9 378	9 854	
PES( ) - 5.0 - 241	105	6	4	40.1	85.0	4 732	37.1	7 902	8 376	8 802	
PES( ) - 5.1 - 241	107	6	4	41.7	86.7	4 923	38.6	8 222	8 714	9 157	
PES( ) - 5.2 - 241	108	6	4	43.2	88.4	5 118	40.2	8 547	9 059	9 520	
PES( ) - 5.3 - 241	110	6	4	44.8	90.1	5 317	41.7	8 879	9 411	9 889	
PES( ) - 5.4 - 241	112	6	4	46.6	91.8	5 519	43.3	9 217	9 769	10 266	
PES( ) - 5.5 - 241	114	6	4	48.3	93.5	5 526	44.9	9 562	10 135	10 650	

注 1: 括号中数据表示钢丝的抗拉强度。  
注 2: PE 厚度为建议厚度, 但可根据用户要求进行改变。

表 A.2  $\phi 7\text{mm}$  平行钢丝束吊索索体主要技术参数表

规格	索 体			钢 丝 束			钢丝标准抗拉强度 $f_{pk}$				
	外径 (mm)	护套层厚 (mm)		单位 质量 (kg/m)	直径 (mm)	金属 面积 (mm <sup>2</sup> )	单位 质量 (kg/m)	(MPa)			
		内层	外层					1 670	1 770	1 860	
									破断索力 $P_b$ (kN)		
PES( ) - 7 - 55	72	4	3	18.3	57.5	2 117	16.6	3 535	3 747	3 937	
PES( ) - 7 - 61	77	4	3	20.5	63	2 348	18.4	3 920	4 159	4 367	
PES( ) - 7 - 73	82	4	3	24.2	68	2 809	22.1	4 692	4 871	5 224	
PES( ) - 7 - 85	89	5	4	28.0	71.2	3 271	25.7	5 463	5 790	6 084	
PES( ) - 7 - 91	93	5	4	30.4	77.0	3 502	27.5	5 848	6 198	6 514	
PES( ) - 7 - 109	99	5	4	35.3	81.1	4 195	32.9	7 005	7 425	7 802	

表 A.2(续)

规格	索 体			钢 丝 束			钢丝标准抗拉强度 $f_{pk}$ (MPa)			
	外径 (mm)	护套层厚 (mm)		单位 质量 (kg/m)	直径 (mm)	金属 面积 (mm <sup>2</sup> )	单位 质量 (kg/m)	1 670	1 770	1 860
		内层	外层					破断索力 $P_b$ (kN)		
PES( )-7-121	103	5	4	39.1	84.9	4 657	36.6	7 777	8 242	8 661
PES( )-7-127	109	5	4	41.1	91.0	4 888	38.4	8 162	8 651	9 091
PES( )-7-139	110	5	4	44.7	92.2	5 349	42.0	8 933	9 468	9 950
PES( )-7-151	113	6	4	48.5	94.4	5 811	45.6	9 705	10 286	10 809
PES( )-7-163	118	6	4	52.3	98.8	6 273	49.2	10 476	11 103	11 668
PES( )-7-187	125	6	4	60.0	105.0	7 197	56.5	12 018	12 738	13 386
PES( )-7-199	130	7	4	64.0	108.0	7 658	60.1	12 790	13 555	14 245
PES( )-7-211	135	7	4	67.9	112.7	8 120	63.7	13 561	14 373	15 104
PES( )-7-223	138	7	4	71.6	116.3	8 582	67.4	14 332	15 190	15 963
PES( )-7-241	143	8	4	77.5	119.0	9 275	72.8	15 489	16 416	17 251
PES( )-7-253	146	8	4	81.3	121.6	9 737	76.4	16 260	17 234	18 110
PES( )-7-265	151	8	4	85.2	126.6	10 198	80.1	17 031	18 051	18 969
PES( )-7-283	153	8	4	90.6	129.0	10 891	85.5	18 188	19 277	20 257
PES( )-7-301	156	8	4	96.1	131.5	11 584	90.9	19 345	20 503	21 546
PES( )-7-313	159	8	4	99.9	135.3	12 046	94.6	20 116	21 321	22 405
PES( )-7-337	165	8	4	107.3	140.5	12 969	101.8	21 659	22 956	24 123

注 1:括号中数据表示钢丝的抗拉强度。  
注 2:PE 厚度为建议厚度,但可根据用户要求进行改变。



附 录 B

(资料性附录)

钢丝绳吊索索体主要技术参数

钢丝绳吊索索体主要技术参数参见表 B.1。

表 B.1 钢丝绳吊索索体主要技术参数表

规格	公称直径 (mm)	质量 (kg/100m)	标准抗拉强度 (MPa)			金属 横截面积 (mm <sup>2</sup> )
			1 670	1 770	1 870	
			最小破断拉力 (kN)			
6 × 7 + IWS	14	80.4	118	125	132	90
	16	105	153	163	172	118
	18	133	194	206	218	149
	20	164	240	254	269	184
	22	198	290	308	325	223
6 × 7 + IWR	24	223	345	366	387	265
	26	262	405	430	454	311
	28	303	470	498	526	361
	30	348	540	572	604	414
	32	396	614	651	687	471
	34	447	693	735	776	532
	36	502	777	824	870	596
6 × 19 + IWR	24	230	319	338	358	265
	26	270	375	397	420	311
	28	314	435	461	487	361
	30	360	499	529	559	414
	32	410	568	602	636	471
	34	462	641	679	718	532
	36	518	719	762	805	596
	38	578	801	849	896	664
	40	640	887	940	993	736
	42	706	978	1 040	1 100	811
	44	774	1 070	1 140	1 200	891
	46	846	1 170	1 240	1 310	973

表 B.1(续)

规格	公称直径 (mm)	质量 (kg/100m)	标准抗拉强度 (MPa)			金属 横截面积 (mm <sup>2</sup> )
			1 670	1 770	1 870	
			最小破断拉力 (kN)			
6 × 19S + IWR	32	428	609	645	682	481
	34	483	687	728	770	543
	36	542	770	817	863	609
	38	604	858	910	961	679
	40	669	951	1 010	1 070	752
	42	737	1 050	1 110	1 170	829
6 × 31WS + IWR	40	669	951	1 010	1 070	752
	42	737	1 050	1 110	1 170	829
	44	809	1 150	1 220	1 290	910
	46	884	1 260	1 330	1 410	995
6 × 36WS + IWR	44	809	1 150	1 220	1 290	910
	46	884	1 260	1 330	1 410	995
	48	963	1 370	1 450	1 530	1 080
	50	1 050	1 490	1 580	1 660	1 180
	52	1 130	1 610	1 700	1 800	1 270
	54	1 220	1 730	1 840	1 940	1 370
	56	1 310	1 860	1 980	2 090	1 470
	58	1 410	2 000	2 120	2 240	1 580
	60	1 500	2 140	2 270	2 400	1 690
	62	1 610	2 290	2 420	2 560	1 810
6 × 41WS + IWR	64	1 710	2 440	2 580	2 730	1 930
	56	1 310	1 860	1 980	2 090	1 470
	58	1 410	2 000	2 120	2 240	1 580
	60	1 500	2 140	2 270	2 400	1 690
	62	1 610	2 290	2 420	2 560	1 810
	64	1 710	2 440	2 580	2 730	1 930
	66	1 820	2 590	2 740	2 900	2 050
	68	1 930	2 750	2 910	3 080	2 170
70	2 050	2 910	3 090	3 260	2 300	

表 B.1(续)

规格	公称直径 (mm)	质量 (kg/100m)	标准抗拉强度 (MPa)			金属 横截面积 (mm <sup>2</sup> )
			1 670	1 770	1 870	
			最小破断拉力 (kN)			
8 × 36WS + IWR	60	1 570	2 080	2 200	2 330	1 730
	62	1 670	2 220	2 350	2 490	1 850
	64	1 780	2 370	2 510	2 650	1 970
	66	1 890	2 520	2 670	2 820	2 090
	68	2 010	2 670	2 830	2 990	2 220
	70	2 130	2 830	3 000	3 170	2 350
	72	2 260	3 000	3 170	3 350	2 490
	76	2 510	3 340	3 540	3 740	2 770
8 × 41WS + IWR	64	1 780	2 370	2 510	2 650	1 970
	66	1 890	2 520	2 670	2 820	2 090
	68	2 010	2 670	2 830	2 990	2 220
	70	2 130	2 830	3 000	3 170	2 350
	72	2 260	3 000	3 170	3 350	2 490
	74	2 380	3 160	3 350	3 540	2 630
	76	2 510	3 340	3 540	3 740	2 770
	78	2 650	3 520	3 730	3 940	2 920
	80	2 780	3 700	3 920	4 140	3 070
	82	2 920	3 890	4 120	4 350	3 230
	84	3 070	4 080	4 320	4 570	3 390
	86	3 220	4 270	4 530	4 790	3 550
8 × 55SWS + IWR	80	2 780	3 700	3 920	4 140	3 070
	82	2 920	3 890	4 120	4 350	3 230
	84	3 070	4 080	4 320	4 570	3 390
	86	3 220	4 270	4 530	4 790	3 550
	88	3 370	4 470	4 740	5 010	3 720
	90	3 520	4 680	4 960	5 240	3 890
	92	3 680	4 890	5 180	5 480	4 060
	94	3 840	5 110	5 410	5 720	4 240
	96	4 010	5 330	5 640	5 960	4 420
	98	4 180	5 550	5 880	6 210	4 610
	100	4 350	5 780	6 120	6 470	4 800

## 附录 C

(资料性附录)

## 刚性吊杆杆体主要技术参数

刚性吊杆杆体主要技术参数参见表 C.1、表 C.2。

表 C.1 螺纹等强型吊杆理论屈服载荷

杆体直径 $D$ (mm)	强度等级					
	345 级	460 级	550 级	650 级	750 级	850 级
	屈服载荷, 不小于 (kN)					
70	1 194	1 592	1 904	2 250	2 596	2 943
75	1 371	1 828	2 186	2 583	2 981	3 378
80	1 560	2 080	2 487	2 939	3 391	3 843
85	1 761	2 348	2 807	3 318	3 828	4 339
90	1 974	2 632	3 147	3 720	4 292	4 864
95	2 078	2 770	3 312	3 914	4 516	5 119
100	2 302	3 069	3 670	4 337	5 004	5 672
110	2 785	3 714	4 441	5 248	6 055	6 863
120	3 315	4 420	5 285	6 245	7 206	8 167
130	3 890	5 187	6 202	7 330	8 457	9 585
140	4 512	6 016	7 193	8 501	9 809	11 116
150	5 180	6 906	8 257	9 759	11 260	
160	5 893	7 858	9 395			
170	6 653	8 870	10 606			
180	7 459	9 945	11 890			

表 C.2 螺纹非等强型吊杆理论屈服载荷

杆体直径 $D$ (mm)	强度等级					
	345 级	460 级	550 级	650 级	750 级	850 级
	屈服载荷, 不小于 (kN)					
70	948	1 264	1 512	1 786	2 061	2 336
75	1 074	1 432	1 712	2 023	2 334	2 645
80	1 207	1 609	1 924	2 274	2 624	2 974
85	1 348	1 798	2 149	2 540	2 931	3 322

表 C.2(续)

杆体直径 $D$ (mm)	强度等级					
	345 级	460 级	550 级	650 级	750 级	850 级
	屈服载荷,不小于 (kN)					
90	1 536	2 047	2 448	2 893	3 338	3 783
95	1 639	2 185	2 612	3 087	3 562	4 037
100	1 839	2 452	2 931	3 464	3 997	4 530
110	2 273	3 031	3 624	4 283	4 942	5 601
120	2 754	3 672	4 390	5 188	5 986	6 784
130	3 077	4 103	4 906	5 798	6 690	7 582
140	3 633	4 843	5 791	6 844	7 897	8 950
150	4 118	5 490	6 564	7 758	8 951	
160	4 756	6 342	7 583			
170	5 441	7 255	8 674			
180	6 031	8 042	9 615			

