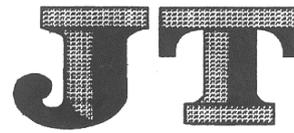


ICS 93.040

P28

备案号



# 中华人民共和国交通运输行业标准

JT/T 449—XXXX

代替 JT/T 449-2001

## 公路悬索桥吊索

Suspender of highway suspension bridge

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国交通运输部 发布



## 目 次

前 言 .....	II
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 .....	16

## 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）；
- 增加了刚性吊索的技术要求（见 5.1.3、5.2.3、5.2.5.3、5.3）；
- 修改了疲劳试验的各项参数要求（见 6.3.4）；
- 增加了平行钢丝束吊索的水密性试验要求（见 6.3.5）。

本标准由全国交通工程设施（公路）标准化技术委员会（SAC/TC223）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、赵军、张虹、薛花娟、杜学国、郝海龙、刘箐霖、卢靖宇、禹洪楷、耿鹏智、周祝兵、崔海静、强强、李文杰、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结构形式、型号、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存。

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索产品。

## 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 2103	钢丝验收、包装、标志及质量证明书的一般规定
GB/T 3077	合金结构钢
GB/T 4237	不锈钢热轧钢板和钢带
GB/T 5796	梯形螺纹
GB/T 6402	钢锻件超声波检测方法
GB/T 7233.1	铸钢件 超声检测 第1部分: 一般用途铸钢件
GB/T 7753	压敏胶粘带拉伸性能试验方法
GB 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 17101	桥梁缆索用热镀锌钢丝
GB/T 20067	粗直径钢丝绳
GB/T 20118	一般用途钢丝绳
GB/T 20934	钢拉杆
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
JB/T 8468	锻钢件磁粉检验方法
JB/T 10311	金属基镶嵌型固体 自润滑轴承(衬)技术条件
JT/T 775	大跨度斜拉桥平行钢丝斜拉索

### 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

采用热镀锌或锌铝合金的高强钢丝平行集束为索体的吊索。

#### 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

**刚性吊索** 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联结的构件。

#### 3.1.6

**冷铸锚** cold-cast anchorage

采用冷铸料锚固的吊索锚具。

#### 3.1.7

**热铸锚** hot-cast anchorage

采用热铸料锚固的吊索锚具。

#### 3.1.8

**公称截面积** nominal cross-section area

平行钢丝束公称截面积为各钢丝公称截面积的总和。钢丝绳公称截面积取最小破断力和公称抗拉强度的比值。刚性吊索公称截面积为刚性吊索体最小截面积。

#### 3.1.9

**公称破断荷载** nominal breaking load

平行钢丝束吊索和刚性吊索公称破断荷载为标准抗拉强度与索体公称截面积的乘积。钢丝绳索体公称破断荷载为相关标准规定的钢丝绳最小破断力。

### 4 分类结构形式与型号

## 4.1 分类

### 4.1.1 吊索按材料分为：

- a) 平行钢丝束吊索，代号 PES；
- b) 钢丝绳吊索，代号 GSS；
- c) 刚性吊索，代号 GLG。

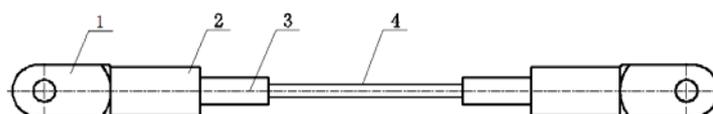
### 4.1.2 锚头按灌注工艺分为：

- a) 冷铸锚，代号 LM；
- b) 热铸锚，代号 RM。

## 4.2 结构形式

### 4.2.1 吊索结构

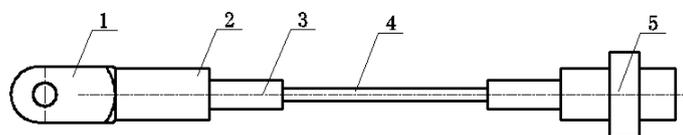
4.2.1.1 平行钢丝束吊索结构包括两端带叉耳和一端带叉耳，一端螺母两种结构形式，其结构示意图 1。



说明：

- 1—叉耳；
- 2—锚杯；
- 3—连接筒；
- 4—索体。

a) 两端带叉耳



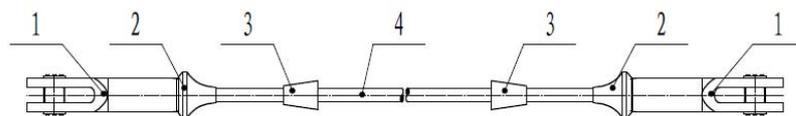
说明：

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

b) 一端带叉耳，一端带螺母

图1 平行钢丝束吊索结构示意图

4.2.1.2 钢丝绳吊索结构示意图 2。

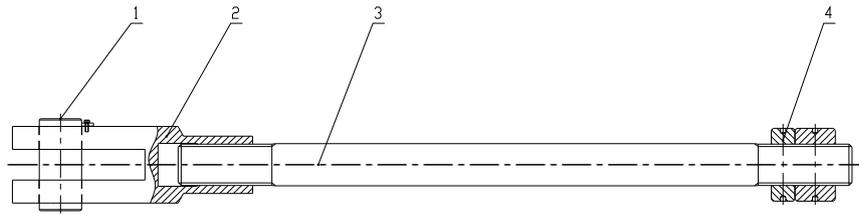


说明：

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

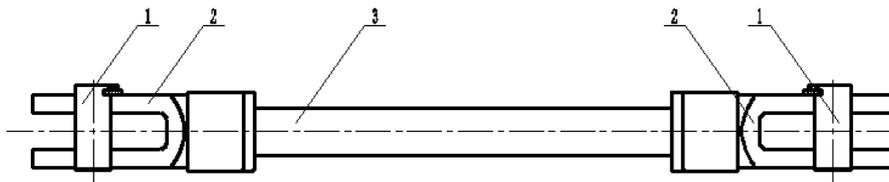
图2 钢丝绳吊索结构示意图

4.2.1.3 刚性吊索结构包括两端带叉耳和一端带叉耳，一端螺母两种结构形式，其结构示意图 3。



说明：  
 1—销轴组件； 3—索体；  
 2—叉耳； 4—螺母组件。

a) 一端带叉耳，一端带螺母组件



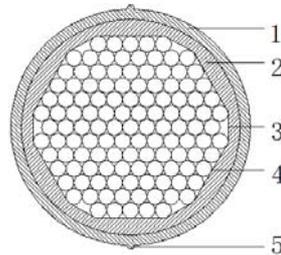
说明：  
 1—销轴组件； 3—索体。  
 2—叉耳；

b) 两端带叉耳

图3 刚性吊索结构示意图

#### 4.2.2 索体

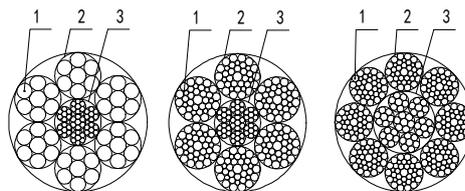
##### 4.2.2.1 平行钢丝束索体断面结构示意图见图4。



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。  
 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 钢丝绳索体断面结构示意图见图5。

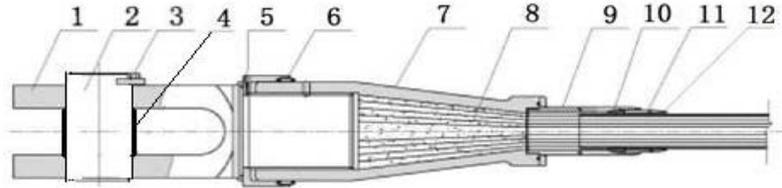


说明：  
 1—钢丝； 2—外层股； 3—绳芯。

图5 钢丝绳吊索索体断面示意

4.2.3 锚具

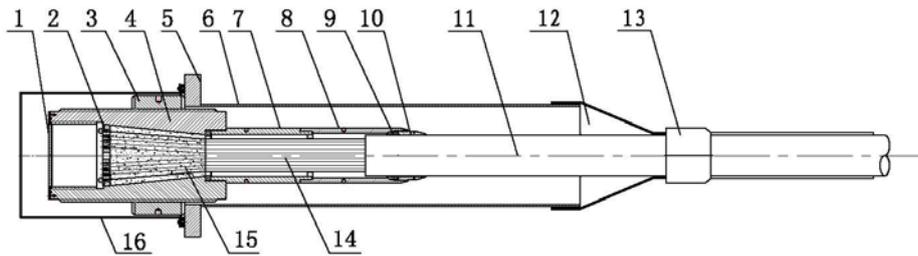
4.2.3.1 平行钢丝吊索锚具结构示意图6。



说明:

- |          |          |
|----------|----------|
| 1—叉耳;    | 7—锚杯;    |
| 2—销轴;    | 8—填料;    |
| 3—挡板;    | 9—连接筒;   |
| 4—自润滑轴承; | 10—密封胶圈; |
| 5—防水盖;   | 11—密封压环; |
| 6—压环;    | 12—热缩管。  |

a) 端头带叉耳



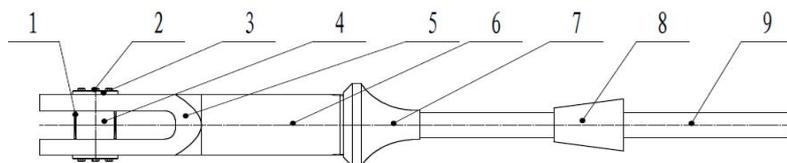
说明:

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

b) 端头带锚圈

图6 平行钢丝束吊索锚具结构示意图

4.2.3.2 钢丝绳吊索锚具结构示意图7。



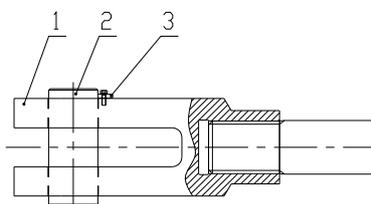
说明:

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

5—叉耳接头；

图7 钢丝绳吊索锚具结构示意图

4.2.3.3 刚性吊索锚具结构示意见图8。



说明：

1—叉耳； 2—销轴； 3—挡板。

图8 刚性吊索锚具结构示意

### 4.3 型号

4.3.1 平行钢丝束吊索型号表示方法见图9。

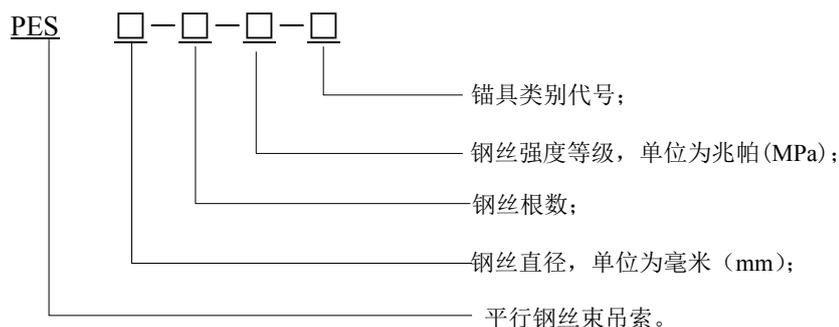


图9 平行钢丝束吊索型号表示方法

示例：钢丝公称抗拉强度 1670MPa，钢丝直径  $\phi 5\text{mm}$ ，根数 91 根，采用冷铸锚吊索表示为 PES 5-91-1670-LM。

4.3.2 钢丝绳吊索型号表示方法见图10。

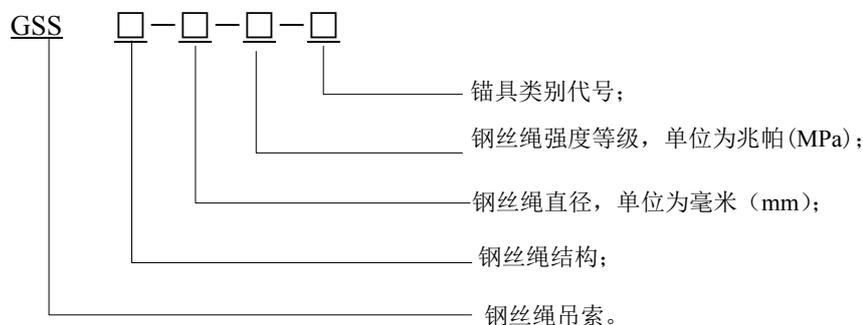


图10 钢丝绳吊索型号表示方法

示例： $\Phi 60$  镀锌钢丝绳结构  $6 \times 36\text{WS}+\text{IWR}$ ，公称抗拉强度 1960MPa，采用冷铸锚吊索表示为 GSS  $6 \times 36\text{WS}+\text{IWR}-60-1960-\text{LM}$ 。

4.3.3 刚性吊索型号表示方法见图11。



图11 刚性吊索型号表示方法

示例：强度级别 460MPa，直径  $\phi$ 80mm，刚性吊索表示为 GLG 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符合表 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	mm	5.0±0.06		7.0±0.07			
2	不圆度	mm	≤0.06		≤0.07			
3	公称截面积	mm <sup>2</sup>	19.63		38.50			
4	每米参考重量	g/m	153		301			
5	标准抗拉强度	MPa	≥1670	≥1770	≥1860	≥1670	≥1770	≥1860
6	规定非比例延伸强度 <sup>注1</sup>	MPa	≥1490	≥1580	≥1660	≥1490	≥1580	≥1660
7	疲劳应力幅值 <sup>注2</sup>	MPa	360					
8	伸长率	%	≥4.0					
9	弹性模量	MPa	(2.0±0.1)×10 <sup>5</sup>					
10	反复弯曲	次	≥5，不断裂					
11	缠绕	圈	3D×8 圈，不断裂					
12	扭转性能	次	≥12，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	次	≥4，每次 60s，不挂铜					
18	伸直性能 (取弦长 1000mm 钢丝，弦与弧的最大自然矢高)	mm	≤30					

表 1 (续) 钢丝技术指标

序号	项目	单位	技术指标
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 公称破断索力条件下, 进行 2×10 <sup>6</sup> 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。

5.1.1.5 钢丝的验收按 GB/T 2103 的规定进行。

### 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 8918、GB/T20118 及 GB/T 20067 的规定。

### 5.1.3 刚性吊索

5.1.3.1 刚性吊索按索体强度分为 345 级、460 级、550、650 级、750 级和 850 级六种强度级别。索体力学性能应符合 GB/T 20934 的规定。

5.1.3.2 根据刚性吊索强度级别，对刚性吊索索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 699、GB/T 700、GB/T 1591 和 GB/T 3077 等的规定。索体及组件用材料应符合 GB/T 20934 的规定。

5.1.3.3 同一批刚性吊索的同类组件应为同一牌号材料制造。

5.1.3.4 刚性吊索连接件承载力不应低于索体最低承载力。

5.1.3.5 刚性吊索普通螺纹应符合 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 平行钢丝束吊索用高强聚酯纤维带应符合 JT/T 775 的规定。

5.1.5 平行钢丝束吊索用高密度聚乙烯护套料应符合 JT/T 775 的规定。

### 5.1.6 锚具

5.1.6.1 锚具规格尺寸应符合设计要求。

5.1.6.2 锚具主要受力构件采用铸钢件时，材质采用 ZG20Mn 及 ZG35Cr1Mo，应符合 JB/T 6402 的规定。主要受力构件应逐件进行超声波探伤和磁粉探伤，超声波探伤应符合 GB/T 7233.1 中 II 级的要求，磁粉探伤应符合 GB/T 9444 II 级的质量等级要求。

5.1.6.3 锚具主要受力构件采用锻钢件制作时，材质采用 45 号优质碳素结构钢、40Cr 及 42CrMo 合金结构钢，并应符合 GB/T 699 及 GB/T 3077 的规定。主要受力构件应逐件进行超声波和磁粉检测，应符合 GB/T6402 中 B 级合格和 JB/T8468 中 2 级的规定。

5.1.6.4 锚具主要受力构件硬度测试应符合 GB/T 231.1 的规定。

### 5.1.7 锚固

- 5.1.7.1 吊索锚固方式分为热铸和冷铸，应根据使用要求和索体结构、锚具形式确定锚固方式。
- 5.1.7.2 热铸锚固材料为锌铜合金，其中锌含量（ $98\pm 0.2$ ）%，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。
- 5.1.7.3 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。冷铸填料试件在常温条件下，抗压强度不应小于 147MPa。

#### 5.1.8 附属构件

- 5.1.8.1 附属构件包括锚具保护罩、防护罩和密封罩、自润滑轴承、缓冲器、锥型铸块等。
- 5.1.8.2 锚具保护罩采用碳素结构钢或不锈钢制作，材质符合 GB/T 700 或 GB/T 4237 的规定。为方便检查锚具锈蚀情况，锚具保护罩宜设置窥视孔或其它有相似功能的构造，应保证其可检、可更换。
- 5.1.8.3 防护罩采用铸铁或不锈钢，材质符合 GB/T 9439 或 GB/T 4237 的规定。
- 5.1.8.4 密封罩采用优质碳素钢或不锈钢，材质符合 GB/T 699 或 GB/T 4237 的规定。
- 5.1.8.5 自润滑轴承采用 ZQSn6-6-3 和固体润滑剂（SL1），其性能符合 JB/T10311 的规定。
- 5.1.8.6 缓冲器采用乙丙橡胶或氯丁橡胶，其性能符合设计要求。
- 5.1.8.7 锥型铸块采用不小于 2 号的锌锭，符合 GB/T 470 的规定。
- 5.1.8.8 附属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 平行钢丝束吊索索体

- 5.2.1.1 护套外观应无破损，厚度均匀。外表面不应有深于 1.0mm、面积大于  $100\text{mm}^2$  的表面缺陷。成品吊索在自然状态下应保持顺直，不应有螺旋形卷曲。
- 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 索体直径正误差不应大于 5%，负误差为 0。
- 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 吊索侧面应设置沿轴向标志线，以监测安装时索体不发生扭转。

##### 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误差不应大于 5%，负误差 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 吊索侧面应设置沿轴向标志线，以监测安装时索体不发生扭转。

##### 5.2.3 刚性吊索

- 5.2.3.1 刚性吊索表面应光滑，不应有目视可见的裂纹、折叠、分层、接疤和锈蚀等缺陷。经机加工的刚性吊索组件表面粗糙度不应低于 Ra12.5，刚性吊索表面防护处理按设计规定。
- 5.2.3.2 刚性吊索索体直径允许偏差、不圆度和弯曲度应符合 GB/T 702 的规定。

## 5.2.4 锚具

5.2.4.1 锚具外观及尺寸应符合设计要求。

5.2.4.2 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。

5.2.4.3 销接式锚头叉形耳板以螺纹安装至锚杯时，应保证吊索两端锚头耳板方向一致。

## 5.2.5 长度允许误差

### 5.2.5.1 平行钢丝束吊索

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容许误差 $\pm 2.0\text{mm}$ 。

### 5.2.5.2 钢丝绳吊索

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容许偏差应符合表2的要求；

b) 吊索锚头端面与最近标记点间距离容许偏差 $\pm 3\text{mm}$ 。

表2 钢丝绳吊索长度允许误差

长度标记点间距离 (m)	容许偏差 (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	$\pm 1$

### 5.2.5.3 刚性吊索

刚性吊索索体长度允许偏差应符合表3的要求。

表3 单根索体长度允许偏差

索体长度 (m)	容许偏差 (mm)
$\leq 5$	$\pm 5.0$
>5~10	$\pm 10.0$
>10	$\pm 15.0$

## 5.3 力学性能

### 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  $1.1 \times 10^5 \text{MPa}$ 。

5.3.1.3 刚性吊索弹性模量  $(2.06 \pm 0.1) \times 10^5 \text{MPa}$ 。

### 5.3.2 静载性能

#### 5.3.2.1 平行钢丝束吊索

平行钢丝束吊索经 6.3.3.1 试验后，静载破断荷载不小于索体公称破断荷载的 95%。拉索静载试验后锚具等附属构件不应有损伤，锚具旋合正常，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) 吊索经 6.3.3.1 试验后，静载破断荷载不小于索体公称破断荷载的 95%。

b) 骑跨式吊索宜进行弯曲静载试验，经 6.3.3.2 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%。

### 5.3.2.3 刚性吊索

刚性吊索静载试验力值取K倍索体屈服荷载。K值一般取0.85。

### 5.3.3 吊索疲劳性能

吊索用脉动荷载加载，上线荷载为  $0.35P_b$ ，应力幅为 150MPa；经  $2 \times 10^6$  次脉冲循环加载试验后，吊索断丝率不大于 5%；吊索护层不应有明显损伤，锚头无损坏。

### 5.3.4 平行钢丝束吊索水密性能

吊索的索体、索体与锚具连接部位、锚具及其密封结构具有良好的防水性能。

## 5.4 工艺

### 5.4.1 平行钢丝束吊索工艺

#### 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，将钢丝束同心向左扭绞，最外层钢丝扭合角为  $(3 \pm 0.5)^\circ$ ，并右向缠绕高强聚酯纤维带，其单层重叠宽度不小于带宽 1/3，且重叠层数不多于 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（锚具浇筑）

##### 5.4.1.3.1 热铸锚

热铸锚具浇铸要求如下：

- 索体灌锚前应在适当位置用低碳钢丝缠绕固定，以防索体钢丝错动；
- 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；
- 清洗锚具内壁，灌铸锌铜合金前应将锚具预热至  $(150 \pm 10)^\circ\text{C}$ ；
- 索体插入锚具深度误差控制在  $\pm 5\text{mm}$ ，保持索体中心与锚具中心一致，并将其固定；
- 锌铜合金灌铸温度  $(460 \pm 10)^\circ\text{C}$ ；
- 合金灌铸应密实、无气孔，灌铸量（合金铸入率）为每只锚具实际容量 92% 以上；
- 索体与锚具端面垂直度应控制在  $(90 \pm 0.5)^\circ$  范围内。

##### 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，钢丝锚头抵紧锚板。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：

- 热铸锚吊索出厂前应进行预张拉或顶压。力值为设计荷载 1.25 倍或 0.5 倍索体公称破断荷载，持续时间 5min，索体外移量应小于 5mm；
- 冷铸锚吊索出厂前需进行预张拉。力值为设计荷载的 1.25 倍或 0.5 倍索体公称破断荷载。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 钢丝绳吊索工艺

- 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不大于预张拉长度 0.15%。
- 5.4.2.2 预张拉荷载为钢丝绳公称破断荷载 55%，持荷时间不小于 60min，预张拉次数至少三次，应以消除非弹性变形为准。
- 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（ $90\pm 0.5$ ）°，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 92%以上。
- 5.4.2.6 吊索出厂前均需进行超张拉检测，张拉荷载为 1.25 倍设计载荷或 0.5 倍索体公称破断荷载。张拉后测量索体外移量，不宜大于 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 刚性吊索工艺

- 5.4.3.1 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。对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应小于索体直径。
- 5.4.3.3 对整根刚性吊索进行校直。
- 5.4.3.4 刚性吊索相同组件应保证互换性。
- 5.4.3.5 热处理  
刚性吊索热处理要求如下：  
a) 每炉均应打好热处理炉号和流水号，做好记录（编号和操作者等），保证产品质量可追溯性；  
b) 每炉放置同批号、同规格的随炉试棒。热处理后将随炉试棒加工成标准拉伸试棒和冲击试块做力学性能试验，测试力学性能或硬度达到相应级别要求。
- 5.4.3.6 刚性吊索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

钢丝试验方法应符合 GB/T 17101 的规定。

#### 6.1.2 钢丝绳

钢丝绳试验方法应符合 GB 8918、GB/T20118、GB/T20067 的规定。

#### 6.1.3 刚性吊索

刚性吊索试验方法应符合 GB/T 20934 的规定。

#### 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按 GB/T 7753 的规定进行。

#### 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方法应符合 CJ/T 297 的有关规定。

#### 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/T8468
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，锌、铜含量应符合 5.1.7.2 的要求。

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  $\Phi 25\text{mm} \times 30\text{mm}$  或  $30\text{mm} \times 30\text{mm} \times 30\text{mm}$  冷铸锚固填料试件同炉固化。试件在  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$  下进行抗压强度试验，以三个试件测定值算术平均值作为该冷铸锚固填料测定值。任一测定值与中值的差值超过中值 15% 时，则取中值为测定值。

### 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

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 刚性吊索

刚性吊索长度应采用钢直尺进行测量。

#### 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  $60^\circ$  用游标卡尺进行测量。

##### 6.2.3.2 钢丝绳吊索

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 刚性吊索

刚性吊索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 力学性能

#### 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 刚性吊索弹性模量测定可在检测吊索索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。每种规格型号吊索至少有一根应测定其弹性模量。

6.3.1.5 弹性模量测量方法：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  $100\text{MPa}/\text{min}$ ，根据最终和起始荷载下索长与荷载变化计算弹性模量  $E$ 。

#### 6.3.2 平行钢丝束吊索和钢丝绳吊索预张拉试验

6.3.2.1 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。

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

6.3.2.3 将拉索至于台座中，逐渐加载至预张力 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。

6.3.2.4 加载速度不大于  $100\text{MPa}/\text{min}$ 。

#### 6.3.3 平行钢丝束吊索和钢丝绳吊索静载性能

6.3.3.1 平行钢丝束和钢丝绳吊索竖向静载性能：

- a) 试验吊索长度（不计两端锚头长度）不小于 3m，试验吊索根数不少于三根；
- b) 试验由  $0.1P_b$ （公称破断荷载）开始，逐级加载至  $0.5P_b$ ，每级  $0.1P_b$ ，加载速度  $100\text{MPa}/\text{min}$ ，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  $100\text{MPa}/\text{min}$ ，每级持荷时间 2min，测量每级索长变化；
- c) 当加载至  $1.0P_b$  时，持荷时间 2min 后继续加载至荷载达到极限或索体中钢丝破断率达到 5% 时，所得的拉力即为实测破断荷载。

6.3.3.2 钢丝绳吊索弯曲静载性能：

- a) 骑跨式钢丝绳吊索宜进行弯曲静载试验，试验装置见图 12。

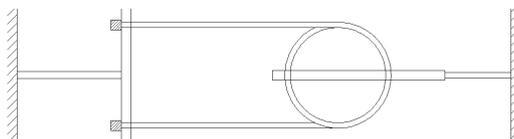


图12 弯曲静载试验装置示意

- b) 骑跨式吊索长度（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；

- c) 加载过程同 6.3.3.1，测出吊索破断荷载。

#### 6.3.3.3 刚性吊索

根据需方要求，并在合同中注明，可进行刚性吊索静载破断试验。

### 6.3.4 疲劳试验

6.3.4.1 试验吊索长度（不计两端锚头长度）不小于 3m，试验吊索根数不少于两根。

6.3.4.2 先加荷载 1.2 倍的静载并持荷 10min 卸载，然后按 5.3.3 规定脉动荷载加载，疲劳性能符合 5.3.3 的要求。

### 6.3.5 平行钢丝束吊索水密性

#### 6.3.5.1 静态水密性

从 6.3.4 疲劳试验后吊索中取一根（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。

#### 6.3.5.2 动态水密性

动态水密性试验采用与实际工程同规格吊索，试件数量至少一件，试验方法按 JT/T 775 的规定进行。

## 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，刚性吊索检验项目见表 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	索体直径	5.2.1.3	6.2.3.1	+	+
3	护套厚度	5.2.1.2	6.2.4	+	+
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	预张拉(顶压)	5.4.1.4	6.3.2	+	+
8	静载试验	5.3.2.1	6.3.3.1	+	-
9	疲劳试验	5.3.3	6.3.4	+	-
10	静动态水密性试验	5.3.4	6.3.5	+	-

注：“+”为检验，“-”为不检验。

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	5.2.1.2	6.2.3.2	+	+
3	吊索长度	5.2.5.2	6.2.2.1	+	+

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
4	锚具	5.2.4	6.1.6	+	+
5	弹性模量	5.3.1.2	6.3.1	+	+
6	预张拉(顶压)	5.4.1.4	6.3.2	+	+
7	静载试验	5.3.2.1	6.3.3.1	+	-
8	静载试验(弯曲)	5.3.2.2	6.3.3.2	+	-
9	疲劳试验	5.3.3	6.3.4	+	-

注：“+”为检验，“-”为不检验。

表7 刚性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	刚性吊索外观	5.2.3.1	6.2.1	+	+
2	直径	5.2.3.2	6.2.3.3	+	+
3	长度	5.2.5.3	6.2.2.2	+	+
4	锚具	5.2.4	6.1.6	+	+
5	弹性模量	5.3.1.3	6.3.1.3	+	-
6	静载试验	5.3.2.3	6.3.3.3	+	-

注：“+”为检验，“-”为不检验。

7.1.1 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。

## 7.2 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。

## 7.3 判定规则

7.3.1 每根平行钢丝束吊索型式检验和出厂检验应按检验项目表 5 序号 1~7 进行检验（序号 6 检验可按每种规格至少一根进行），如有一项未通过，该根吊索即为不合格品。

7.3.2 每根钢丝绳吊索型式检验和出厂检验应按检验项目表 6 序号 1~6 进行检验（序号 5 检验可按每种规格至少一根进行），如有一项未通过，该根吊索即为不合格品。

7.3.3 每根刚性吊索型式检验和出厂检验应按检验项目表 7 序号 1~6 进行检验（序号 5 检验可按每种规格至少一根进行），如有一项未通过，该根吊索即为不合格品。

## 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 吊索以脱胎成圈或钢盘卷绕的形式包装，其圈（盘）绕内径视吊索规格而定，一般不小于 20 倍吊索直径。

8.2.4 每盘吊索采用不损伤索体表面质量的材料捆扎结实，捆扎不少于六道。

## 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。同时两端的锚具须有保护和固定措施。

---