

ICS 93.040

P 28



中华人民共和国交通运输行业标准

JT/T 1331—2020

桥梁用复合绞线

Composite stranded wire for bridges

2020-07-31 发布

2020-11-01 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	1
4 分类、结构、规格和型号	2
5 技术要求	3
6 试验方法	6
7 检验规则	7
8 标志、包装、运输和储存	9
附录 A(规范性附录) 绞线性能试验方法	10
附录 B(资料性附录) 复合绞线安装和使用	12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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:真势兴技术股份有限公司、中路高科交通试验检验认证有限公司、兰州斯凯特路桥预应力技术开发有限公司、同济大学、天津鑫坤泰预应力专业技术有限公司、河间市宝泽龙金属材料有限公司、天津市市政工程设计研究院、天津城建设计院有限公司、深圳市市政设计研究院有限公司、景鸿桥梁科技有限公司、北京中路通达科技有限公司、北京信息科技大学。

本标准主要起草人:牛坡、韩振勇、刘旭锴、祝连庆、淡丹辉、何晓晖、李明、王之伟、金庆波、崔红旗、谢志安、竹永奎、李方圆。

桥梁用复合绞线

1 范围

本标准规定了桥梁用复合绞线的分类、结构、规格和型号,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。

本标准适用于由含光纤传感器的碳纤维筋中心丝和外层钢丝捻制的复合绞线的生产、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 1839 钢产品镀锌层质量试验方法

GB/T 2972 镀锌钢丝锌层硫酸铜试验方法

GB/T 2976 金属材料 线材 缠绕试验方法

GB/T 3857 玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法

GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线

GB/T 12689.1—2010 锌及锌合金化学分析方法 第1部分:铝量的测定 铬天青 S-聚乙二醇辛基苯基醚-溴化十六烷基吡啶分光光度法、CAS 分光光度法和 EDTA 滴定法

GB/T 14522 机械工业产品用塑料、涂料、橡胶材料人工气候老化试验方法 荧光紫外灯

GB/T 17101 桥梁缆索用热镀锌钢丝

GB/T 18459—2001 传感器主要静态性能指标计算方法

GB/T 18901.1 光纤传感器 第1部分:总规范

GB/T 26743 结构工程用纤维增强复合材料筋

GB/T 26752 聚丙烯腈基碳纤维

JG/T 422 土木工程用光纤光栅应变传感器

JT/T 1105 桥梁用热镀锌铝合金钢绞线

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

复合绞线 composite stranded wire

由一根含光纤传感器的碳纤维筋中心丝和外层钢丝捻制成的绞线。

3.2

光纤传感器 fiber optic sensor

利用光纤的光学特性来获取或转换环境信息的传感器,可以是光纤本身或光路中的光供能元件。

4 分类、结构、规格和型号

4.1 分类

4.1.1 按复合绞线用途分为：

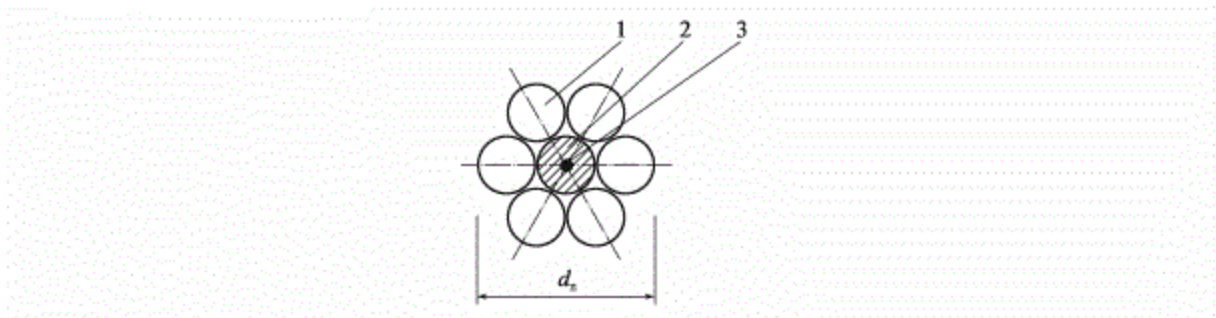
- a) I型体内无防护复合绞线,代号为I。复合绞线外层钢丝表面无防护处理,宜用于混凝土内预埋预应力系统。
- b) II型体外有防护复合绞线,代号为II。复合绞线外层钢丝表面有防护处理,宜用于混凝土外和环境接触预应力系统。

4.1.2 按复合绞线公称直径分为：

- a) 直径12.7mm；
- b) 直径15.2mm；
- c) 直径15.7mm。

4.2 结构

复合绞线结构示意图1。



说明：

- 1——钢丝或热镀锌(锌铝合金)等带防护钢丝；
- 2——碳纤维筋；
- 3——光纤传感器；
- d_n ——公称直径。

图1 复合绞线结构示意图

4.3 规格

复合绞线尺寸及公称质量应符合表1的要求。

表1 复合绞线尺寸及公称质量

公称直径 d_n (mm)	公称截面面积 S_n (mm ²)	每米公称质量 (kg/m)
12.7	98.7	0.690
15.2	140	0.980
15.7	150	1.048

4.4 型号

复合绞线型号表示方法见图2。

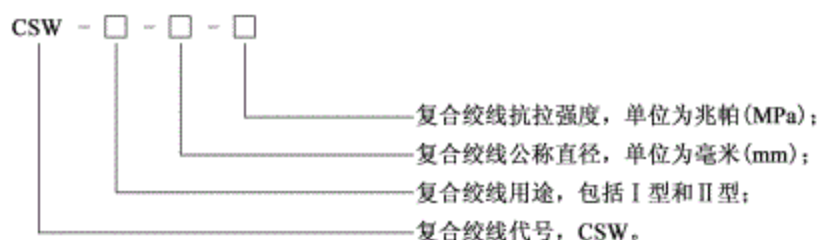


图2 复合绞线型号表示方法

示例:

公称直径为 15.20mm, 抗拉强度为 1860MPa 的 II 型体外有防护复合绞线标记为: CSW-II-15.2-1860。

5 技术要求

5.1 外观及尺寸偏差

5.1.1 复合绞线应使用砂轮锯切割, 在无捆扎切断后不应松散, 或外层钢丝离位后可用手复原。

5.1.2 复合绞线表面不应有油、润滑脂等物质。复合绞线内不应有折断、横裂和相互交叉的钢丝。I 型复合绞线表面允许有轻微的浮锈, 但不应有目视可见的锈蚀麻坑。II 型复合绞线表面镀层应连续, 不应有局部脱镀、露铁等缺陷, 但允许有不影响镀层质量的局部轻微划痕。II 型复合绞线在空气中暴露允许有颜色变化(氧化色)。

5.1.3 取弦长 1m 复合绞线, 其弦与弧内侧最大自然矢高不大于 25mm。

5.1.4 复合绞线的尺寸及允许偏差应符合表 2 的规定。

表 2 复合绞线尺寸及允许偏差

单位为毫米

公称直径 d_n	公称直径允许偏差	碳纤维筋直径与任一外层钢丝直径间最小差值
12.7	+0.30 -0.10	0.11
15.2	+0.40	0.13
15.7	-0.20	

5.2 材料

5.2.1 外层钢丝

5.2.1.1 外层钢丝应符合 GB/T 5224 的规定。

5.2.1.2 外层镀锌钢丝应符合 GB/T 17101 的规定。

5.2.1.3 外层镀锌铝合金钢丝应符合 JT/T 1105 的规定。

5.2.2 碳纤维筋

5.2.2.1 制作碳纤维筋用碳纤维应符合 GB/T 26752 的规定。

5.2.2.2 制作碳纤维筋用光纤传感器应符合 GB/T 18901.1 的规定。

5.3 理化性能

5.3.1 碳纤维筋

5.3.1.1 碳纤维筋的力学性能应符合表3的要求。

表3 碳纤维筋力学性能

公称直径 d_n (mm)	碳纤维筋公称 直径(mm)	碳纤维筋公称 截面面积(mm ²)	抗拉强度 (MPa)	整根碳纤维筋 破断力 F_m (kN)	弹性模量 (GPa)	最大力总 伸长率(%)
12.7	≥4.3	≥14.5	≥1 950	≥28	≥140	≥1.6
15.2	≥5.1	≥20.4		≥40		
15.7	≥5.3	≥22.1		≥43		

5.3.1.2 碳纤维筋的耐候性能按 GB/T 14522 规定试验后应满足表4的要求。碳纤维筋的耐候性能试验完毕后,外观应无斑点、起泡、裂纹等。

表4 碳纤维筋的耐候性能指标

序 号	项 目	指 标 要 求
1	抗拉强度保持率(%)	≥95
2	伸长率保持率(%)	≥95

5.3.1.3 碳纤维筋的耐化学介质性能按 GB/T 3857 规定试验后应满足表5的要求。

表5 碳纤维筋的耐化学介质性能指标

序 号	项 目	指 标 要 求
1	抗拉强度保持率(%)	≥95
2	伸长率保持率(%)	≥95

5.3.2 复合绞线

复合绞线力学性能应符合表6的要求。

表6 复合绞线力学性能

序号	项 目	技 术 指 标					
		12.7mm		15.2mm		15.7mm	
1	抗拉强度(MPa)	≥1 770	≥1 860	≥1 770	≥1 860	≥1 770	≥1 860
2	破断力(kN)	≥175	≥184	≥248	≥260	≥266	≥279
3	屈服力(kN)	≥164	≥173	≥232	≥244	≥249	≥262
4	最大力总伸长率(%)	≥2.5		≥2.5		≥2.5	
5	松弛性能(≤70% F_m , 1 000h)(%)	2.5		2.5		2.5	
6	弹性模量(GPa)	195 ± 10		195 ± 10		195 ± 10	

表 6(续)

序号	项 目	技 术 指 标			
		12.7mm	15.2mm	15.7mm	
7	偏斜拉伸系数 (%)	拉索	≤20	≤20	≤20
		非拉索	≤28	≤28	≤28
8	抗脉动拉伸疲劳性能(MPa)	拉索	应力上限 $0.45F_m$, 应力幅* 300MPa, $\geq 2.0 \times 10^6$ 次不断裂	应力上限 $0.45F_m$, 应力幅 300MPa, $\geq 2.0 \times 10^6$ 次不断裂	应力上限 $0.45F_m$, 应力幅 300MPa, $\geq 2.0 \times 10^6$ 次不断裂
		非拉索	应力上限 $0.7F_m$, 应力幅 190MPa, $\geq 2.0 \times 10^6$ 次不断裂	应力上限 $0.7F_m$, 应力幅 190MPa, $\geq 2.0 \times 10^6$ 次不断裂	应力上限 $0.7F_m$, 应力幅 190MPa, $\geq 2.0 \times 10^6$ 次不断裂
注: 1 000h 应力松弛率允许采用推算算法。 F_m 为复合绞线公称极限拉力, 单位为牛顿(N)。					
<p>* 应力幅按式(1)计算:</p> $2\Delta f_s = \frac{2\Delta F_s}{S_n} \quad (1)$ <p>式中: $2\Delta f_s$——抗脉动拉伸疲劳应力幅, 单位为兆帕(MPa); $2\Delta F_s$——脉动应力幅荷载值, 单位为牛顿(N); S_n——复合绞线公称面积, 单位为平方毫米(mm²)。</p>					

5.4 工艺性能

5.4.1 外层钢丝

5.4.1.1 外层镀锌铝合金钢丝单位面积锌铝合金层质量应符合 JT/T 1105 的规定。

5.4.1.2 外层镀锌铝合金钢丝镀层铝合金含量应符合 JT/T 1105 的规定。

5.4.1.3 外层镀锌铝合金钢丝镀层附着力应符合 JT/T 1105 的规定。

5.4.1.4 外层镀锌铝合金钢丝镀层均匀性应符合 JT/T 1105 的规定。

5.4.2 碳纤维筋

5.4.2.1 碳纤维筋由碳纤维、光纤传感器及树脂等复合而成, 碳纤维筋应作为复合绞线的中心丝。

5.4.2.2 碳纤维、光纤传感器及树脂等复合过程中, 加热温度不应超过 130℃。

5.4.2.3 碳纤维、光纤传感器及树脂等复合过程中, 距离锚固端 10m 范围内不应设置光纤传感器, 其余长度范围内可均匀设置光纤传感器, 传感器间距宜为 5m。或可根据需要, 在设计位置处设置光纤传感器。

5.4.3 复合绞线

5.4.3.1 复合绞线的捻向宜为左(S)捻。

5.4.3.2 复合绞线捻距应均匀, 其捻距为复合绞线公称直径的 12~16 倍。

5.4.3.3 复合绞线按设计尺寸定长制作, 碳纤维筋两端做光纤封装接头。

5.5 绞线性能

绞线的性能应符合表7的要求。

表7 绞线性能

复合绞线公称直径 d_n (mm)	量程 (μE)	分辨率 (μE)	重复性 ξ_R (%)	线性度 ξ_L (%)
12.7	7 500	50	≤ 3	≤ 3
15.2				
15.7				

6 试验方法

6.1 外观及尺寸偏差

- 6.1.1 在自然光源或等效光源条件下,用目测和触摸直接检查。
- 6.1.2 矢高的测量应按 JT/T 1105 的规定进行试验。
- 6.1.3 复合绞线的直径应用分度值不大于 0.02mm 的量具测量。直径应以相对两根外圈钢丝外缘为准,并在同一截面不同方向测量两次,取平均值。

6.2 材料

6.2.1 外层钢丝

- 6.2.1.1 外层钢丝性能应按 GB/T 5224 的规定进行试验。
- 6.2.1.2 外层镀锌钢丝性能应按 GB/T 17101 的规定进行试验。
- 6.2.1.3 外层镀锌铝合金钢丝性能应按 GB/T 18901.1 的规定进行试验。

6.2.2 碳纤维筋

- 6.2.2.1 碳纤维筋用碳纤维性能应按 GB/T 26752 的规定进行试验。
- 6.2.2.2 碳纤维筋用光纤传感器性能应按 JG/T 422 的规定进行试验。

6.3 理化性能

6.3.1 碳纤维筋

6.3.1.1 力学性能

碳纤维筋的力学性能应按 GB/T 26743 的规定进行试验。

6.3.1.2 耐候性能

碳纤维筋耐候性能应按下列步骤进行试验:

- 按 GB/T 14522 的规定进行试验;
- 试验完毕后,按 GB/T 26743 的规定进行力学性能指标试验;
- 耐候性能试验完毕后,用目视检查样品外观。

6.3.1.3 耐化学介质性能

碳纤维筋耐化学介质性能应按下列步骤进行试验:

- 按 GB/T 3857 的规定进行试验;

b) 试验完毕后,按 GB/T 26743 的规定进行力学性能指标试验。

6.3.2 复合绞线力学性能

复合绞线的力学性能应按 JT/T 1105 的规定进行试验。

6.4 工艺性能

6.4.1 外层钢丝

6.4.1.1 外层镀锌铝合金钢丝单位面积锌铝合金层质量应按 GB/T 1839 的规定进行试验。

6.4.1.2 外层镀锌铝合金钢丝镀层铝合金含量应按 GB/T 12689.1—2010 中 EDTA 滴定法的规定进行试验。

6.4.1.3 外层镀锌铝合金钢丝镀层附着力应按 GB/T 2976 的规定进行试验。

6.4.1.4 外层镀锌铝合金钢丝镀层均匀性应按 GB/T 2972 的规定进行试验。

6.4.2 碳纤维筋

碳纤维筋的工艺性能应在加工过程中,采用目测、温度计和精度为 1mm 的钢尺测量的方式进行试验。

6.4.3 复合绞线

复合绞线捻距应用精度为 1mm 的钢尺测量。

6.5 绞线性能

绞线性能应按附录 A 的规定进行试验。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为型式检验和出厂检验。型式检验和出厂检验项目及要求见表 8。

表 8 型式检验和出厂检验项目及要求

序号	检验项目		技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
1	外观		5.1.1,5.1.2	6.1.1	+	+
2	外层钢丝	镀层质量	5.4.1.1	6.4.1.1	+	+
3		镀层铝含量	5.4.1.2	6.4.1.2	+	+
4		镀层附着力	5.4.1.3	6.4.1.3	+	+
5		镀层均匀性	5.4.1.4	6.4.1.4	+	+
6	碳纤维筋	抗拉强度	5.3.1.1	6.3.1.1	+	+
7		破断力			+	+
8		最大力总伸长率			+	+
9		弹性模量			+	+
10		耐候性能	5.3.1.2	6.3.1.2	+	-
11		耐化学介质性能	5.3.1.3	6.3.1.3	+	-

表8(续)

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验	
12	复合绞线	尺寸偏差	5.1.3,5.1.4	6.1.2,6.1.3	+	+
13		抗拉强度	5.3.2	6.3.2	+	+
14		破断力			+	+
15		屈服力			+	+
16		最大力总伸长率			+	+
17		松弛性能			+	-
18		弹性模量			+	+
19		偏斜拉伸系数			+	-
20		抗脉动拉伸疲劳性能			+	-
21	量程	5.5			6.5	+
22	分辨率		+	+		
23	重复性		+	+		
24	线性度		+	+		

注：“+”表示需要检验的项目；“-”表示不需要检验的项目。

7.2 型式检验

有下列情况之一时,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,如原材料来源或工艺有改变,影响产品性能时;
- 正常生产后,3年进行1次检验;
- 停产1年后,恢复生产时;
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

7.3 组批和抽样

7.3.1 组批

由同一规格、同一生产工艺生产的复合绞线,质量不大于5t组成一批。

7.3.2 抽样

复合绞线每批抽样数量为3根。

7.4 判定和复验规则

7.4.1 当全部出厂检验项目均符合要求时,则判定该批产品合格。当检验结果有1项或1项以上不合格时,对不合格项目加倍取样进行复验,复验合格,则判定该批合格;否则判定为不合格。

7.4.2 当全部型式检验项目均符合要求时,则判定型式检验为合格。当检验结果有1项或1项以上不合格时,对不合格项目加倍取样进行复验,复验合格,则判定型式检验为合格;否则判定为不合格。

8 标志、包装、运输和储存

8.1 标志

8.1.1 复合绞线盘卷上应有明显标牌,标牌上应注明:

- a) 制造企业名称、地址、电话;
- b) 产品名称、牌号;
- c) 标记、商标;
- d) 生产日期、批号;
- e) 净质量;
- f) 储存和运输注意事项、环境温度范围;
- g) 产品使用说明;
- h) 产品合格证。

8.1.2 交货时应向用户提供下述技术资料:

- a) 质量证明文件,应包括产品规格型号、性能试验结果、质量、数量、供方名称、地址、检验出厂日期、生产厂家质检部门印记等;
- b) 产品使用说明书。产品安装和使用参见附录 B。

8.2 包装

复合绞线的捆扎带应加衬垫,并应能有效防止搬运过程中损坏。

8.3 运输

复合绞线长度大于 12m 时宜成盘运输,长度不大于 12m 时宜捆绑运输。在运输、装卸过程中应轻装、轻卸,宜采用尼龙吊索,避免机械损伤。

8.4 储存

复合绞线在成品堆放期间,应按不同规格分类堆放于温度变化不大、通风良好的仓库中。

附录 A
(规范性附录)
绞线性能试验方法

A.1 试样

试样为 1 个 5m 长复合绞线,所取复合绞线内至少有 1 个光纤应变测量点。

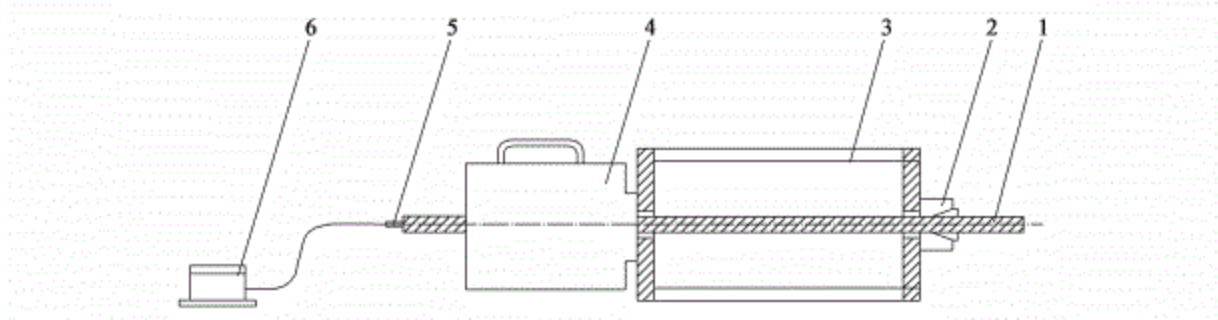
A.2 试样数量

每次试验,制作 3 组相同规格试样。

A.3 试验方法

具体试验步骤如下:

- a) 试样需在专用试验机上进行试验,试验装置见图 A.1;复合绞线一端通过锚具固定在固定架上,另一端固定在千斤顶伸长端。
- b) 试验荷载通过千斤顶施加,每级加 10kN,试验荷载最大值为所选复合绞线 0.2% 屈服力 $F_{p0.2}$ 的 80%。
- c) 当加载到荷载最大值后以相同的级步卸载至无力状态,重复 5 个循环。在复合绞线的外接端,采用解调仪采集数据,获得试验结果。



说明:

- | | |
|---------|-------------|
| 1—复合绞线; | 4—千斤顶; |
| 2—锚具; | 5—复合绞线封装接头; |
| 3—固定架; | 6—解调仪。 |

图 A.1 张拉试验装置示意

A.4 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- a) 试验概况:试样概况、试验设备、试验荷载等。
- b) 试验过程描述:试验中如有异常情况发生,应详细描述异常情况的发生过程。
- c) 试验数据应包括以下内容:
 - 1) 量程:试验过程中,解调仪显示最大应变和最小应变的差值。
 - 2) 分辨率:试验过程中,解调仪显示的可观测的应变最小变化值。
 - 3) 重复性(ξ_R):相同工作条件下,输入量从同一方向做满量程变化,多次到达同一校准点时

所测量的一组输出量之间的分散程度,其计算见式(A.1)。

$$\xi_R = \frac{cS_{\max}}{Y_{F_s}} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中: c ——包含因子,参考 GB/T 18459 规定,取 2.776;

S_{\max} ——最大的测量偏差,取 5 次加载过程中同一荷载处解调仪显示的应变值的最大偏差值,计算偏差荷载选择每 10kN 处记录;

Y_{F_s} ——试验的最大测量值。

4) 线性度(ξ_L):输出或输入特性接近或偏离某一直线的性质,其计算见式(A.2)。

$$\xi_L = \frac{\Delta Y_{L\max}}{Y_{F_s}} \times 100\% \quad (\text{A.2})$$

式中: $\Delta Y_{L\max}$ ——传感器的实际特性曲线对参比直线的最大偏差;

Y_{F_s} ——试验的最大测量值。

其中, $\Delta Y_{L\max}$ 计算见式(A.3)。

$$\Delta Y_{L\max} = \max(\bar{y}_i - Y_i) \quad (\text{A.3})$$

式中: \bar{y}_i ——传感器在第 i 个校准点处的总平均特性值, i 取每 10kN 荷载处;

Y_i ——传感器在第 i 个校准点处的参比特性值(按 GB/T 18459—2001 附录 A 的规定计算), i 取每 10kN 荷载处。

d) 试验现场照片。

附 录 B
(资料性附录)
复合绞线安装和使用

B.1 复合绞线可做环氧涂层加工,其涂层厚度、涂层连续性和涂层的附着性宜符合 GB/T 21073 的规定。

B.2 复合绞线与普通钢绞线现场梳编安装时,或工厂梳编加工成成品预应力钢绞线束(参见 JT/T 861)时,或加工成斜拉桥钢绞线拉索(参见 GB/T 30826)中索体钢绞线束时,复合绞线宜位于钢绞线束的中间部位,不与牵引头或外护套管接触。

B.3 复合绞线使用分为施工期间使用和使用期间使用。施工期间如果试验应变值与施工控制应变值偏差超过 $\pm 6\%$,宜预警并调整施工参数。使用期间如果试验应变值与设计应变值偏差超过 $\pm 10\%$,宜预警并调整索力。

B.4 其他使用监测要求宜符合 GB 50982 的规定。

参 考 文 献

- [1] GB/T 21073 环氧涂层七丝预应力钢绞线
 - [2] GB/T 30826 斜拉桥钢绞线拉索技术条件
 - [3] GB 50982 建筑与桥梁结构监测技术规范
 - [4] JT/T 861 桥梁成品预应力钢绞线束
-