

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 5155—2025

桥梁用碳纤维增强复合筋拉索技术条件

Technical condition of carbon fiber reinforced polymer rod cable for bridge

2025-07-01 发布

2025-08-01 实施

江苏省市场监督管理局  
中国标准出版社

发布  
出版

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 符号 .....3

5 结构和技术参数 .....3

6 技术条件和质量控制 .....6

附录A(资料性) 拉索主要技术参数 .....13

附录B(资料性) 索体断面排列图 .....16

附录C(资料性) 锚具主要受力构件尺寸参数 .....19

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省交通运输厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：江苏省交通工程建设局、江苏法尔胜缆索有限公司、江苏法尔胜纤维材料科技有限公司。

本文件主要起草人：宋国森、赵阳、李镇、夏鹏飞、王强、赵军、薛花娟、沈孔健、陆荣伟、陈建峰、尹东亚、梁志雯、吴琼、申成、陈广飞、强强、姚永峰、王飞、周能作、王彦策、朱晓雄、朱元林。

# 桥梁用碳纤维增强复合筋拉索技术条件

## 1 范围

本文件规定了桥梁用碳纤维增强复合筋拉索的符号、结构和技术参数、技术条件和质量控制。  
本文件适用于桥梁用碳纤维增强复合筋水平拉索、吊索、斜拉索设计和质量控制。  
注：在不引起混淆的情况下，本文件中的桥梁用碳纤维增强复合筋拉索简称“拉索”。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法  
GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法  
GB/T 239.1 金属材料 线材 第1部分：单向扭转试验方法  
GB/T 699 优质碳素结构钢  
GB/T 700 碳素结构钢  
GB/T 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法  
GB/T 1040.2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件  
GB/T 1040.3 塑料 拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件  
GB/T 1043.1 塑料 简支梁冲击性能的测定 第1部分：非仪器化冲击试验  
GB/T 1842 塑料 聚乙烯环境应力开裂试验方法  
GB/T 2411 塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）  
GB/T 2423.50 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cy：恒定湿热 主要用于元件的加速试验  
GB/T 2572 纤维增强塑料平均线膨胀系数试验方法  
GB/T 2792 胶粘带剥离强度的试验方法  
GB/T 3077 合金结构钢  
GB/T 3682.1 塑料 热塑性塑料熔体质量流动速率（MFR）和熔体体积流动速率（MVR）的测定 第1部分：标准方法  
GB/T 4162—2022 锻轧钢棒超声检测方法  
GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带  
GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）  
GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法  
GB/T 5470 塑料 冲击法脆化温度的测定  
GB/T 5796.2 梯形螺纹 第2部分：直径与螺距系列  
GB/T 7125 胶粘带厚度的试验方法  
GB/T 8427 纺织品 色牢度试验 耐人造光色牢度：氙弧  
GB/T 9341 塑料 弯曲性能的测定  
GB/T 13021 聚烯烃管材和管件 炭黑含量的测定 煅烧和热解法

GB/T 15065 电线电缆用黑色聚乙烯塑料  
GB/T 16422.3 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分:荧光紫外灯  
GB/T 17101 桥梁缆索用热镀锌或锌铝合金钢丝  
GB/T 17911 耐火纤维制品试验方法  
GB/T 18365 斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索  
GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)  
GB/T 21834 中低合金钢 多元素成分分布的测定 金属原位统计分布分析法  
GB/T 21839 预应力混凝土用钢材试验方法  
GB/T 26253 塑料薄膜和薄片水蒸气透过率的测定 红外检测器法  
GB/T 26743 结构工程用纤维增强复合材料筋  
GB/T 30022 纤维增强复合材料筋基本力学性能试验方法  
GB/T 30776 胶粘带拉伸强度与断裂伸长率的试验方法  
CJ/T 297 桥梁缆索用高密度聚乙烯护套料  
NB/T 47013.4—2015 承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测  
XF/T 714 构件用防火保护材料快速升温耐火试验方法  
YB/T 4130 耐火材料 导热系数试验方法(水流量平板法)  
DB32/T 4218 桥梁缆索用碳纤维增强复合材料筋通用技术条件

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**碳纤维增强复合筋 carbon fiber reinforced polymer rod**  
**CFRP 筋**

由碳纤维增强材料和环氧树脂基体材料经过拉挤成型工艺制备而成的棒材。

#### 3.2

**索体 bundle of parallel rods**

由碳纤维增强复合筋紧密排列,经 $2^{\circ}\sim 4^{\circ}$ 同心左向扭绞,并包覆高密度聚乙烯护套的线形受力体。

#### 3.3

**锚具 anchorage**

将索体拉力传递给桥梁结构的连接件。

#### 3.4

**碳纤维增强复合筋拉索 carbon fiber reinforced polymer rod cable**

由碳纤维增强复合筋索体和锚具组成的承受拉力的构件。

#### 3.5

**公称破断索力 nominal breaking force of the cable**

索体碳纤维增强复合筋的公称截面积之和与标准抗拉强度的乘积。

#### 3.6

**效率系数 efficiency factor of cables**

实测碳纤维增强复合筋拉索最大破断索力与公称破断索力之比值。

## 4 符号

下列符号适用于本文件。

- $A$  —— 索体 CFRP 筋束的公称截面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ );
- $d$  —— 单根 CFRP 筋的公称直径,单位为毫米( $\text{mm}$ );
- $E$  —— 拉索弹性模量,单位为吉帕( $\text{GPa}$ );
- $F$  —— 拉弯疲劳试验时施加于拉索索体中部的横向力,单位为千牛( $\text{kN}$ );
- $f_{\text{pk}}$  —— CFRP 筋标准抗拉强度,单位为兆帕( $\text{MPa}$ );
- $L_{\text{co}}$  —— 拉索设计基准温度下的无应力长度,单位为米( $\text{m}$ );
- $L_{\text{cp}}$  —— 拉索承受拉力  $P_1$  时的长度,单位为米( $\text{m}$ );
- $L_{\text{g}}$  —— 工作长度(20% 超张拉力时拉索长度),单位为米( $\text{m}$ );
- $\Delta L$  —— 拉索长度允许偏差,单位为米( $\text{m}$ );
- $\Delta L_{\text{p}}$  —— 拉索对应于  $P_1$ 、 $P_2$  下的长度变化值,单位为米( $\text{m}$ );
- $P_{\text{b}}$  —— 拉索公称破断索力,单位为千牛( $\text{kN}$ );
- $P_1$  —— 拉索弹性模量检测时的起始张拉力,单位为千牛( $\text{kN}$ );
- $P_2$  —— 拉索弹性模量检测时的终止张拉力,单位为千牛( $\text{kN}$ );
- $P_{20}$  —— 拉索测长张拉力(拉索 20% 超张拉力),单位为千牛( $\text{kN}$ );
- $t$  —— 拉索测长时的环境温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );
- $t_0$  —— 由设计确定的拉索设计基准温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );
- $\alpha$  —— 碳纤维增强复合筋线膨胀系数;
- $\eta$  —— 效率系数;
- $\Delta\sigma$  —— 疲劳试验的应力幅值,单位为兆帕( $\text{MPa}$ )。

## 5 结构和技术参数

### 5.1 结构

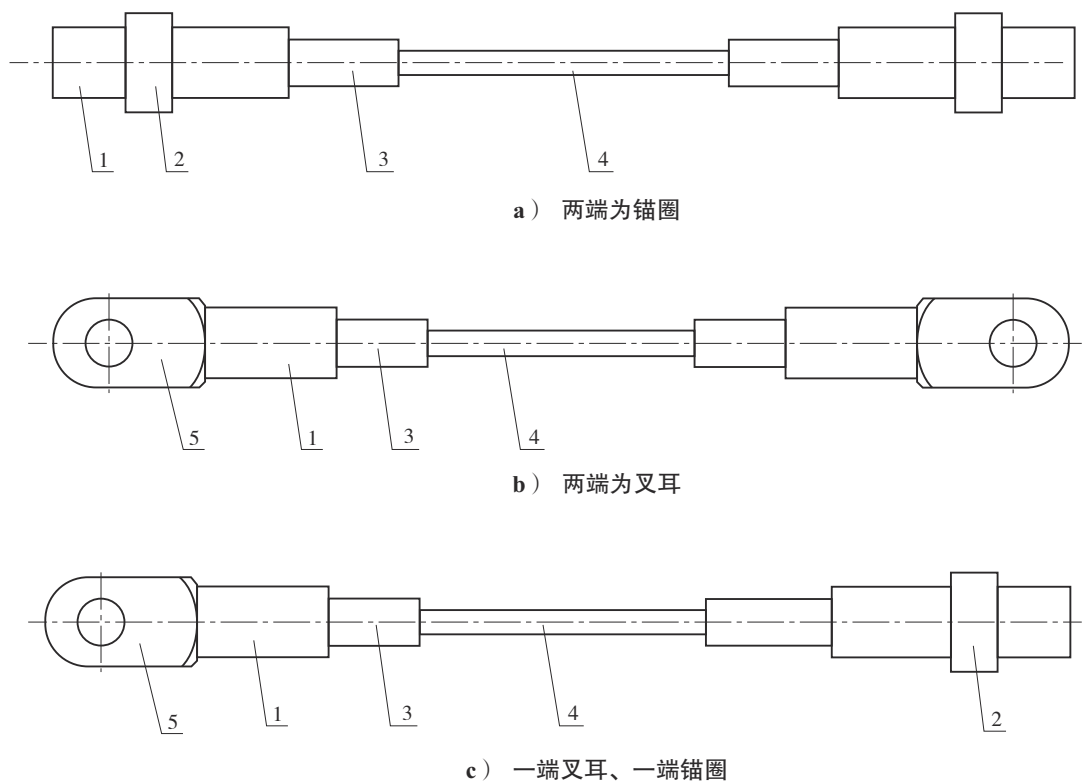
#### 5.1.1 拉索

碳纤维增强复合筋拉索根据锚具结构形式分为两端为锚圈、两端为叉耳及一端叉耳、一端锚圈三种形式,拉索结构示意图见图 1。

#### 5.1.2 索体

根据桥梁工程使用场景要求,拉索索体结构形式分为以下三类:

- a) 常规型:由碳纤维增强复合筋、高强聚酯纤维带和内外层高密度聚乙烯护套组成,见图 2a);
- b) 耐候型:由碳纤维增强复合筋、高强聚酯纤维带、内外层高密度聚乙烯护套和聚氟乙烯胶带组成,见图 2b);
- c) 抗火型:由碳纤维增强复合筋、高强聚酯纤维带、抗火带和内外层高密度聚乙烯护套组成,见图 2c)。

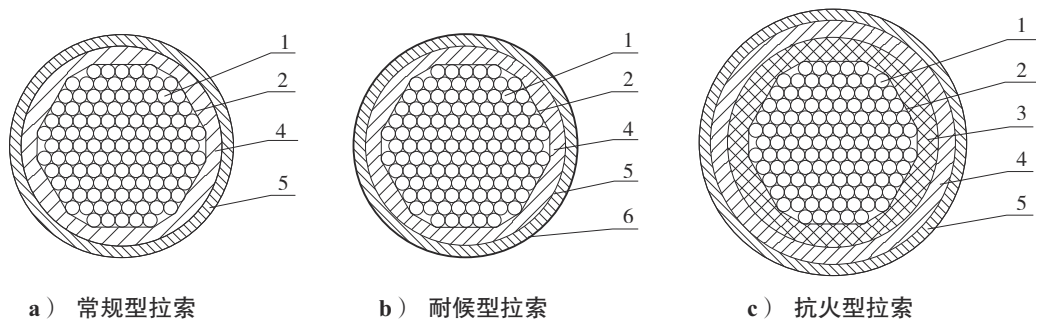


标引序号说明：

- 1——锚杯；  
2——锚圈；  
3——连接筒组件；

- 4——索体；  
5——叉耳。

图1 拉索结构示意图



标引序号说明：

- 1——碳纤维增强复合筋；  
2——高强聚酯纤维带；  
3——抗火带；

- 4——内层黑色高密度聚乙烯护套；  
5——外层彩色高密度聚乙烯护套；  
6——聚氟乙烯胶带。

图2 索体结构示意图

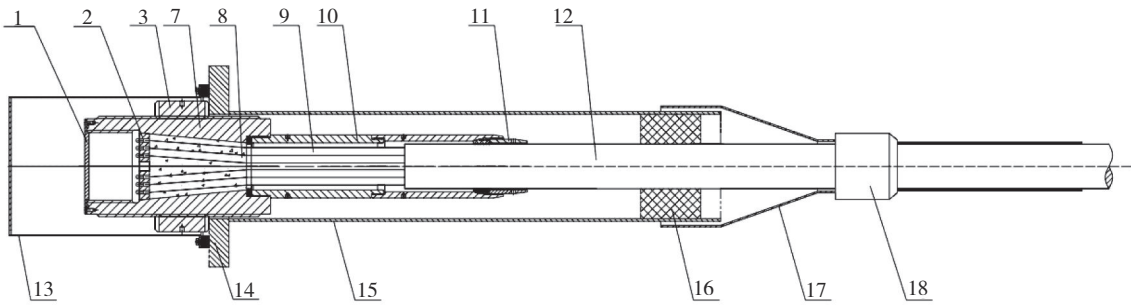
### 5.1.3 锚具

5.1.3.1 根据锚具与桥梁结构的连接方式,锚具分为锚圈式和叉耳式。

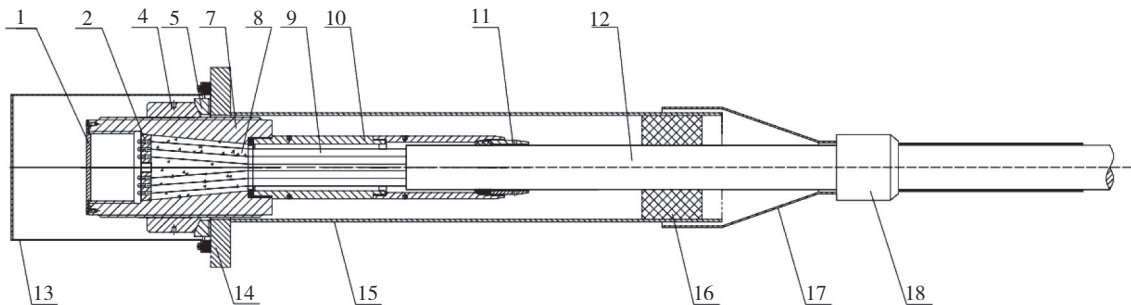
5.1.3.2 锚圈式锚具分为以下三类：

- a) 平面锚圈类:主要由锚杯、平面锚圈和连接筒组件等组成,见图3a)；

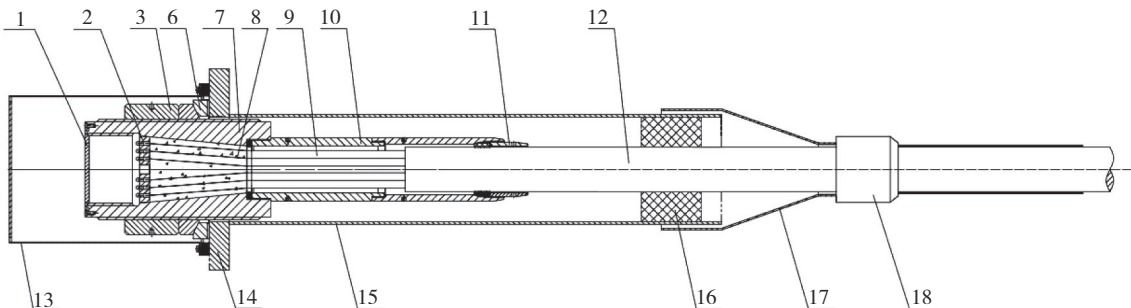
- b) 球面锚圈类:主要由锚杯、球面锚圈、球面垫板和连接筒组件等组成,见图 3b);
- c) 球面副锚圈类:主要由锚杯、平面锚圈、球面副和连接筒组件等组成,见图 3c)。



a) 平面锚圈类锚具



b) 球面锚圈类锚具



c) 球面副锚圈类锚具

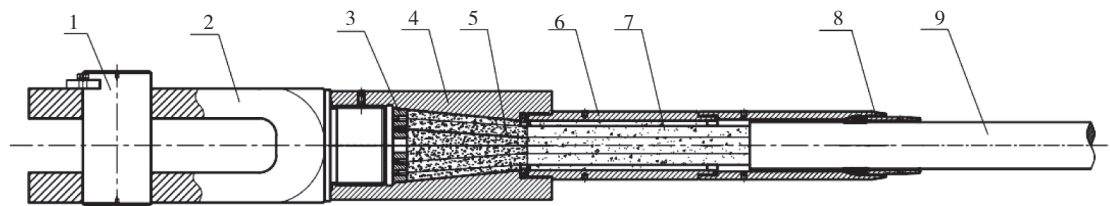
标引序号说明:

- |          |            |                   |
|----------|------------|-------------------|
| 1——盖板;   | 7——锚杯;     | 13——锚具保护罩;        |
| 2——分丝板;  | 8——冷铸锚固填料; | 14——锚垫板;          |
| 3——平面锚圈; | 9——密封填料;   | 15——预埋钢管(锚管或索导管); |
| 4——球面锚圈; | 10——连接筒组件; | 16——内置阻尼器;        |
| 5——球面垫板; | 11——密封组件;  | 17——拉索防护罩;        |
| 6——球面副;  | 12——索体;    | 18——拉索密封罩。        |

图3 锚圈式锚具结构示意图

5.1.3.3 叉耳式锚具主要由叉耳、销轴、锚杯和连接筒组件等组成,见图 4。





- 标引序号说明：
- |         |            |          |
|---------|------------|----------|
| 1——销轴；  | 4——锚杯；     | 7——密封填料； |
| 2——叉耳；  | 5——冷铸锚固填料； | 8——密封组件； |
| 3——分丝板； | 6——连接筒组件；  | 9——索体。   |

图4 叉耳式锚具结构示意图

5.1.3.4 对于主梁端锚圈式锚具,应提供内置阻尼器、拉索防护罩和密封罩等附属构件,对于桥梁塔或拱端锚圈式锚具,内置阻尼器、拉索防护罩和密封罩等不作要求。

5.2 技术参数

5.2.1 拉索技术参数包括拉索序号、索体外径、高密度聚乙烯护套层厚度、标准抗拉强度和公称破断索力等,参见附录 A。

5.2.2 索体断面排列图见附录 B。

5.2.3 锚具主要受力构件的技术参数包括材质和尺寸,材质为 35CrMo、42CrMo 和 40CrNiMoA,主要尺寸参数见附录 C。

6 技术条件和质量控制

6.1 材料

6.1.1 碳纤维增强复合筋

6.1.1.1 碳纤维增强复合筋直径宜采用 5 mm、6 mm、7 mm,其允许偏差、每米质量、伸直性能应符合表 1 的要求。

表 1 碳纤维增强复合筋允许偏差、每米质量、伸直性能

序号	项目	单位	技术要求			检验方法
			$\phi 5\text{ mm}$ 筋	$\phi 6\text{ mm}$ 筋	$\phi 7\text{ mm}$ 筋	
1	直径允许偏差	mm	$\pm 0.5$	$\pm 0.6$	$\pm 0.7$	GB/T 26743
2	每米质量	g/m	$33^{+4}_{-1}$	$47^{+5}_{-2}$	$64^{+6}_{-3}$	称重法
3	伸直性能(自然矢高)	mm	$\leq 20$	$\leq 25$	$\leq 30$	GB/T 17101
为了提高碳纤维增强复合筋拉索的锚固性能,根据供需双方要求,筋材外表面可设置螺旋凹槽。						

6.1.1.2 碳纤维增强复合筋的力学性能应符合表 2 的要求。

表 2 碳纤维增强复合筋力学性能

序号	项目	单位	技术要求				检验方法
			2 100 MPa 筋	2 400 MPa 筋	2 600 MPa 筋	2 800 MPa 筋	
1	抗拉强度 <sup>a</sup>	MPa	≥2 100	≥2 400	≥2 600	≥2 800	GB/T 30022、 GB/T 26743
2	断后伸长率	%	≥1.5				
3	弹性模量	GPa	≥150	≥155	≥160	≥165	
4	疲劳性能 <sup>b</sup>	MPa	400 MPa 应力幅下 2×10 <sup>6</sup> 次疲劳循环不断裂				GB/T 17101、 DB32/T 4218
5	松弛率 <sup>c</sup>	%	≤2.5				GB/T 21839
6	扭转性能	圈	≥1(标距为 100 <i>d</i> )				GB/T 239.1
<sup>a</sup> 抗拉强度的计算面积按照公称直径计算。							
<sup>b</sup> 疲劳应力上限为 0.45 <i>f<sub>pk</sub></i> 。							
<sup>c</sup> 松弛率是在初始力为 70% 公称破断索力下,经 1 000 h 后的松弛率。在保证 1 000 h 松弛性能合格的基础上,可采用不少于 120 h 的试验数据推算 1 000 h 的松弛值。							

6.1.1.3 碳纤维增强复合筋线膨胀系数应不大于 0.65×10<sup>-6</sup>/℃,按照 GB/T 2572 的规定进行检验。

6.1.1.4 碳纤维增强复合筋不应有任何形式的接头,通过目测检验。

6.1.2 高强聚酯纤维带

索体扭绞定型用高强聚酯纤维带宽度宜为 30 mm~50 mm,其主要性能应符合表 3 的要求。

表 3 高强聚酯纤维带技术要求

序号	项目	单位	技术要求	检验方法
1	厚度	mm	≥0.10	GB/T 7125
2	破断拉力	N/cm	≥250	GB/T 30776
3	延伸率	%	≥3	GB/T 30776

6.1.3 高密度聚乙烯护套料

索体防护用高密度聚乙烯护套料的主要性能应符合表 4 的要求,其他符合 CJ/T 297 的要求。

表 4 高密度聚乙烯护套料技术要求

序号	项目	单位	技术要求		检验方法
			黑色	彩色	
1	密度	g/cm <sup>3</sup>	0.940~0.965		GB/T 1033.1
2	熔体质量流动速率	g/10 min	≤0.45		GB/T 3682.1
3	拉伸断裂应力	MPa	≥25		GB/T 1040.3
4	拉伸屈服应力	MPa	≥15		GB/T 1040.3
5	断裂标称应变	%	≥400		GB/T 1040.3

表 4 高密度聚乙烯护套料技术要求（续）

序号	项目		单位	技术要求		检验方法
				黑色	彩色	
6	拉伸弹性模量		MPa	≥500		GB/T 1040.2
7	弯曲弹性模量		MPa	550~1000		GB/T 9341
8	冲击强度		kJ/m <sup>2</sup>	≥25		GB/T 1043.1
9	邵氏硬度		Shore D	≥50		GB/T 2411
10	耐环境应力开裂		h	≥5000		GB/T 1842
11	脆化温度		℃	<-76		GB/T 5470
12	耐热应力开裂		h	>96		GB/T 15065
13	人工气候老化(耐荧光紫外老化) 1 008 h	拉伸断裂应力 变化率	%	±25		GB/T 16422.3、 GB/T 1040.3
		断裂标称应变 变化率	%	±25		GB/T 8427
14	耐光色牢度		级	—	≥7	GB/T 13021
15	碳黑含量		%	2.5±0.3	—	GB/T 1033.1

6.1.4 聚氟乙烯胶带

提高索体耐候性能的聚氟乙烯胶带的主要性能应符合表 5 的要求。

表 5 聚氟乙烯胶带技术要求

序号	项目			单位	技术要求	检验方法	
1	有效厚度			μm	≥115	GB/T 7125	
2	纵向破断力			N/cm	≥45	GB/T 30776	
3	断裂伸长率			%	≥90		
4	水蒸气渗透率			g/(m <sup>2</sup> ·d)	≤18	GB/T 26253	
5	剥离强度		与高密度聚乙烯护套	N/cm	≥5	GB/T 2792	
			与聚氟乙烯胶带	N/cm	≥5		
6	湿热老化性能(85℃,相对湿度85%,1 000 h)		纵向破断力		N/cm	≥40	GB/T 2423.50、 GB/T 30776、 GB/T 2792
			断裂伸长率		%	≥80	
			剥离强度	与高密度聚乙烯护套	N/cm	≥5	
				与聚氟乙烯胶带	N/cm	≥5	
7	耐荧光紫外老化性能(1 000 h)		纵向破断力		N/cm	≥40	GB/T 16422.3、 GB/T 30776
			断裂伸长率		%	≥80	

6.1.5 抗火带

抗火带应具有隔热阻燃抗火功能,宽度宜为 80 mm~100 mm,主要技术要求应符合表 6 的要求。

表 6 抗火带主要技术要求

序号	项目	单位	技术要求	检验方法
1	厚度	mm	$\geq 5$	厚度指示表
2	破断拉力	N/25 mm	$> 500$	GB/T 17911
3	热传导系数(650 ℃)	W/(m·K)	$< 0.1$	YB/T 4130

6.1.6 锚具

6.1.6.1 锚具符合下列要求：

- a) 锚杯、锚圈、叉耳、销轴的材料宜按表 7 选用,也可采用主要性能不低于表 7 中所选材料的其他合金结构钢；

表 7 锚具材料

锚具部件名称	材料牌号	检验方法
锚杯	42CrMo	GB/T 228.1、GB/T 229、GB/T 3077、GB/T 4336、GB/T 20123、 GB/T 21834 及 ICP 发射光谱分析方法
锚圈	42CrMo、35CrMo	
叉耳	42CrMo	
销轴	40CrNiMoA	

- b) 锚杯、锚圈、叉耳应采用梯形螺纹,螺距与直径应符合 GB/T 5796.2 的规定；
- c) 锚杯、锚圈、叉耳、销轴应逐件进行超声波探伤和磁粉探伤,并符合 GB/T 4162—2022 中 B 级及 NB/T 47013.4—2015 中Ⅱ级质量等级的规定；
- d) 锚杯、锚圈、叉耳采用热镀锌或粉末渗锌防腐,锌层厚度应不小于 90 μm,按照 GB/T 4956 的规定进行检验。

6.1.6.2 锚具相同部件应具有互换性。

6.1.7 冷铸锚固填料

冷铸锚固填料由钢丸、环氧树脂、固化剂、增韧剂、稀释剂、填充料等构成,其试件的抗压强度在 23 ℃ ±5 ℃下应不小于 147 MPa。

6.1.8 附属构件

6.1.8.1 附属构件包括锚具保护罩、防护罩和密封罩等。附属构件材料宜按表 8 选取,或主要性能不低于表 8 中所选材料。

表 8 附属构件材料

附属构件名称	材料名称或牌号	检验方法
锚具保护罩	022Cr17Ni12Mo2	GB/T 4237 及 ICP 发射光谱分析方法
	Q235	GB/T 700

表 8 附属构件材料（续）

附属构件名称	材料名称或牌号	检验方法
防护罩	022Cr17Ni12Mo2	GB/T 4237 及 ICP 发射光谱分析方法
	Q235	GB/T 700
密封罩	022Cr17Ni12Mo2	GB/T 4237 及 ICP 发射光谱分析方法
	20	GB/T 700

- 6.1.8.2 锚具保护罩应可检、可更换,宜设置窥视孔或其他有相似功能的构造。
- 6.1.8.3 具有抗火要求的锚具保护罩应采用双层不锈钢板制成,并在内部填充抗火带。

6.2 拉索外观和尺寸

6.2.1 外观

- 6.2.1.1 索体外观不应有破损、深度大于 1.0 mm 或面积大于 100 mm<sup>2</sup> 的表面缺陷,可采用挤出式焊枪对护套进行热熔焊接修补。索体外观表面采用目测检查,如有破损或缺陷时采用游标卡尺进行测量。
- 6.2.1.2 锚具表面镀层不应有可视损伤,螺纹不应有任何碰伤,螺纹连接副应能自由旋合。锚具外观用目测检查,螺纹连接副采用旋合试验进行检查。

6.2.2 尺寸

- 6.2.2.1 索体护套厚度允许偏差应符合表 9 要求。

表 9 索体护套厚度允许偏差

护套内外层总厚度/mm	允许偏差/mm	检验方法
≤10	−1.0~+2.0	在索体灌锚之前,取索体两端六边或者近似六边形角上最小厚度处测量护套厚度
>10	−1.0~+3.0	

- 6.2.2.2 拉索外径允许偏差应符合表 10 的要求。

表 10 拉索外径允许偏差

拉索外径/mm	常规型索体/mm	耐候型索体/mm	抗火型索体/mm	检验方法
<100	±3	±3	±6	拉索外径测量在索体六边或者近似六边形角上沿着圆周方向每间隔 60° 用游标卡尺进行测量,取平均值
100~150	±5	±5	±8	
>150~200	±7	±7	±10	

- 6.2.2.3 拉索长度允许偏差应符合表 11 的要求。

表 11 拉索长度允许偏差

拉索长度/m	允许偏差/m
≤200	±0.020
>200	±(L <sub>co</sub> /20 000+0.010)

6.2.2.4 每根拉索均应进行长度测量,长度测量应在稳定的张拉力和均匀温度下避光进行。经超张拉力检验后,卸载至 20% 的超张拉力时测量拉索长度。拉索基准温度下的无应力长度按公式(1)计算。

$$L_{co} = \frac{L_g}{1 + P_{20}/EA + \alpha(t - t_0)}$$

.....( 1 )

6.3 拉索力学性能

6.3.1 锚固性能

6.3.1.1 每根拉索均应进行超张拉,成品拉索超张拉后的冷铸填料铸体内缩值应符合表 12 的要求。

表 12 冷铸填料铸体内缩值

铸体长度 $L_{co}$ /mm	铸体内缩值/mm
$\leq 300$	$\leq 6$
$> 300$	$\leq$ 铸体长度的 2%

6.3.1.2 锚固性能通过超张拉进行检测,超张拉力取 1.1~1.4 倍设计索力。设计索力小于或等于 3 000 kN 时,取 1.4 倍;设计索力大于 3 000 kN 且小于 6 000 kN 时,取 1.3 倍;设计索力大于或等于 6 000 kN 时,取 1.2 倍;设计索力大于或等于 10 000 kN 时,取 1.1 倍。张拉力允许调整到最接近 50 kN 的整数倍上,并分为 5 级加载,加载速度不大于 100 MPa/min。

6.3.2 弹性模量

6.3.2.1 拉索弹性模量应符合表 13 的要求。

表 13 拉索弹性模量要求

标准抗拉强度/MPa	2 100	2 400	2 600	2 800
弹性模量/GPa	$\geq 150$	$\geq 155$	$\geq 160$	$\geq 165$

6.3.2.2 每批拉索中,每种规格型号的拉索应测定至少 1 根弹性模量,弹性模量测量应在超张拉后进行。由  $0.2P_b$  开始加载,每级加载  $0.1P_b$ ,持荷 5 min,直至  $0.5P_b$ ,加载速度不大于 100 MPa/min,弹性模量( $E$ )按公式(2)计算:

$$E = \frac{P_2 - P_1}{\Delta L_p} \cdot \frac{L_{cp}}{A}$$

.....( 2 )

6.3.3 静载性能

6.3.3.1 拉索静载性能应符合表 14 的要求。

表 14 静载性能要求

效率系数 $\eta$	断丝率/%
$\geq 0.95$	$\leq 2$

6.3.3.2 试验拉索索体自由长度(不包括锚具内碳纤维增强复合筋长度)应不小于 3.5 m。检验方法如下:

- a) 由  $0.1P_b$  开始加载,每级  $0.1P_b$ ,持荷 5 min,加载速度不大于 100 MPa/min;

- b) 加载到  $0.6P_b$ , 持荷 10 min 后, 卸载至  $0.1P_b$  后量测铸体回缩值;
- c) 然后由  $0.1P_b$  开始加载, 每级  $0.1P_b$ , 持荷 5 min 后量测每级索长变化;
- d) 加载至  $0.8P_b$ , 持荷 30 min 后继续加载, 每级  $0.05P_b$ , 持荷 5 min 后量测每级的索长变化, 直到  $0.95P_b$ ;
- e) 卸载后量测铸体回缩值, 并记录试验中的异常情况。

6.3.4 动载性能

拉索动载性能应符合表 15 的要求。拉弯动载性能检验按 GB/T 18365 的要求进行。

表 15 拉弯动载性能要求

检验条件				断丝率/%
应力上限/MPa	应力幅值 $\Delta\sigma$ /MPa	循环次数/次	弯曲角度/mrad	
$0.40f_{pk}$	200	$2\times 10^6$	10	$\leq 2$

6.4 拉索水密性

拉索经静态水密性浸泡检验后, 索体内应无进水现象, 按 GB/T 18365 进行检验。

6.5 拉索抗火性能

6.5.1 索体

抗火型拉索索体的抗火性能应满足在标准烃类火灾(HC)升温条件下, 燃烧 30 min, 索体碳纤维增强复合筋温升不超过 200℃。抗火性能检验按照 XF/T 714 中的标准烃类火灾(HC)升温曲线进行。

6.5.2 锚固部位

采用抗火锚具保护罩的拉索锚固部位的抗火性能应满足在标准烃类火灾(HC)升温条件, 燃烧 30 分钟, 拉索锚具温度不超过 500℃、锚具内铸体温度不超过 300℃。抗火性能检验按照 XF/T 714 中的标准烃类火灾(HC)升温曲线进行。

附 录 A  
(资料性)  
拉索主要技术参数

A.1  $\phi 5$  mm 碳纤维增强复合筋拉索主要技术参数见表 A.1。

表 A.1  $\phi 5$  mm 碳纤维增强复合筋拉索主要技术参数表

序号	索体			碳纤维增强复合筋束			标准抗拉强度( $f_{pk}$ )				
	外径 mm	高密度聚乙烯 护套层厚 mm		单位 质量 kg/m	直径 mm	总面积 mm <sup>2</sup>	单位 质量 kg/m	MPa			
		内层	外层					2 100	2 400	2 600	2 800
								公称破断索力( $P_b$ ) kN			
CFRP()-5-37	49	4	3	2.3	35	726	1.2	1 526	1 744	1 889	2 034
CFRP()-5-55	55	4	3	3.0	41	1 080	1.8	2 268	2 592	2 808	3 024
CFRP()-5-61	59	4	3	3.5	45	1 198	2.0	2 515	2 875	3 114	3 354
CFRP()-5-73	63	4	3	4.0	49	1 433	2.4	3 010	3 440	3 727	4 013
CFRP()-5-85	65	4	3	4.8	51	1 669	2.8	3 505	4 006	4 339	4 673
CFRP()-5-91	69	4	3	5.3	55	1 787	3.0	3 752	4 288	4 646	5 003
CFRP()-5-109	82	4	3	7.1	68	2 140	3.6	4 494	5 137	5 565	5 993
CFRP()-5-121	77	5	3	6.4	61	2 376	4.0	4 989	5 702	6 177	6 652
CFRP()-5-127	81	5	3	7.0	65	2 494	4.2	5 237	5 985	6 483	6 982
CFRP()-5-139	82	5	3	7.3	66	2 729	4.6	5 731	6 550	7 096	7 642
CFRP()-5-151	85	5	4	7.8	67	2 965	5.0	6 226	7 116	7 709	8 302
CFRP()-5-163	89	5	4	8.5	71	3 200	5.4	6 721	7 681	8 321	8 961
CFRP()-5-187	93	5	4	9.4	75	3 672	6.2	7 711	8 812	9 547	10 281
CFRP()-5-199	97	6	4	10.2	77	3 907	6.6	8 205	9 378	10 159	10 941
CFRP()-5-211	101	6	4	10.9	81	4 143	7.0	8 700	9 943	10 772	11 600
CFRP()-5-223	103	6	4	11.4	83	4 379	7.4	9 195	10 509	11 384	12 260
CFRP()-5-241	107	6	5	12.3	85	4 732	8.0	9 937	11 357	12 303	13 250
CFRP()-5-265	112	6	5	13.5	90	5 203	8.7	10 927	12 488	13 528	14 569
注 1: 括号中表示碳纤维增强复合筋的标准抗拉强度。											
注 2: 抗火型拉索索体外径在现有索体外径基础上增加 20 mm~30 mm,索体单位质量根据抗火带厚度相应增加。											



A.2  $\phi 6$  mm 碳纤维增强复合筋拉索主要技术参数见表 A.2。

表 A.2  $\phi 6$  mm 碳纤维增强复合筋拉索主要技术参数表

序号	索体			碳纤维增强复合筋束			标准抗拉强度( $f_{pk}$ )				
	外径 mm	高密度聚乙烯 护套层厚 mm		单位 质量 kg/m	直径 mm	总面积 mm <sup>2</sup>	单位 质量 kg/m	MPa			
		内层	外层					2 100	2 400	2 600	2 800
								公称破断索力( $P_b$ ) kN			
CFRP()-6-37	56	4	3	3.1	42	1 046	1.7	2 197	2 511	2 720	2 929
CFRP()-6-55	63	4	3	4.1	49	1 555	2.6	3 266	3 732	4 043	4 354
CFRP()-6-61	68	4	3	4.7	54	1 725	2.9	3 622	4 139	4 484	4 829
CFRP()-6-73	72	4	3	5.3	58	2 064	3.4	4 334	4 954	5 366	5 779
CFRP()-6-85	75	4	3	6.4	61	2 403	4.0	5 047	5 768	6 249	6 729
CFRP()-6-91	80	4	3	7.1	66	2 573	4.3	5 403	6 175	6 690	7 204
CFRP()-6-109	84	4	3	8.0	70	3 082	5.1	6 472	7 397	8 013	8 629
CFRP()-6-121	89	5	3	8.6	73	3 421	5.7	7 185	8 211	8 895	9 579
CFRP()-6-127	94	5	3	9.4	78	3 591	6.0	7 541	8 618	9 336	10 054
CFRP()-6-139	95	5	3	9.8	79	3 930	6.5	8 253	9 432	10 218	11 004
CFRP()-6-151	99	5	4	10.7	81	4 269	7.1	8 966	10 247	11 101	11 954
CFRP()-6-163	103	5	4	11.5	85	4 609	7.7	9 678	11 061	11 983	12 904
CFRP()-6-187	108	5	4	12.8	90	5 287	8.8	11 103	12 690	13 747	14 804
CFRP()-6-199	113	6	4	13.9	93	5 627	9.4	11 816	13 504	14 629	15 754
CFRP()-6-211	117	6	4	14.8	97	5 966	9.9	12 528	14 318	15 511	16 704
CFRP()-6-223	120	6	4	15.6	100	6 305	10.5	13 241	15 132	16 393	17 654
CFRP()-6-241	124	6	5	16.7	102	6 814	11.3	14 310	16 354	17 717	19 080
CFRP()-6-265	131	6	5	18.5	109	7 493	12.5	15 735	17 982	19 481	20 980
注 1: 括号中表示碳纤维增强复合筋的抗拉强度。											
注 2: 抗火型拉索索体外径在现有索体外径基础上增加 20 mm~30 mm,索体单位质量根据抗火带厚度相应增加。											

A.3  $\phi 7$  mm 碳纤维增强复合筋拉索主要技术参数见表 A.3。

表 A.3  $\phi 7$  mm 碳纤维增强复合筋拉索主要技术参数表

序号	索体				碳纤维增强复合筋束			标准抗拉强度( $f_{pk}$ )			
	外径 mm	高密度聚乙烯 护套层厚 mm		单位 质量 kg/m	直径 mm	总面积 mm <sup>2</sup>	单位 质量 kg/m	MPa			
		内层	外层					2 100	2 400	2 600	2 800
kN											
CFRP()-7-37	63	4	3	4	49	1 424	2.4	2 990	3 417	3 702	3 987
CFRP()-7-55	72	4	3	5.4	58	2 117	3.5	4 445	5 080	5 503	5 927
CFRP()-7-61	77	4	3	6.1	63	2 348	3.9	4 930	5 634	6 104	6 573
CFRP()-7-73	82	4	3	7	68	2 809	4.7	5 900	6 742	7 304	7 866
CFRP()-7-85	89	4	3	8.2	75	3 271	5.4	6 869	7 851	8 505	9 159
CFRP()-7-91	95	4	3	9.2	81	3 502	5.8	7 354	8 405	9 105	9 806
CFRP()-7-109	99	4	3	10.3	85	4 195	7.0	8 809	10 068	10 907	11 745
CFRP()-7-121	105	5	3	11.2	89	4 657	7.7	9 779	11 176	12 107	13 039
CFRP()-7-127	111	5	3	12.3	95	4 888	8.1	10 264	11 730	12 708	13 685
CFRP()-7-139	112	5	3	12.8	96	5 349	8.9	11 234	12 838	13 908	14 978
CFRP()-7-151	116	5	4	13.8	98	5 811	9.7	12 203	13 947	15 109	16 271
CFRP()-7-163	121	5	4	15	103	6 273	10.4	13 173	15 055	16 310	17 564
CFRP()-7-187	127	5	4	16.8	109	7 197	12.0	15 113	17 272	18 711	20 150
CFRP()-7-199	132	6	4	18.1	112	7 658	12.7	16 083	18 380	19 912	21 444
CFRP()-7-211	137	6	4	19.4	117	8 120	13.5	17 052	19 489	21 113	22 737
CFRP()-7-223	140	6	4	20.3	120	8 582	14.3	18 022	20 597	22 313	24 030
CFRP()-7-241	145	6	5	21.9	123	9 275	15.4	19 477	22 259	24 114	25 969
CFRP()-7-265	153	6	5	24.3	131	10 198	17.0	21 417	24 476	26 516	28 556
注 1: 括号中表示碳纤维增强复合筋的抗拉强度。											
注 2: 抗火型拉索索体外径在现有索体外径基础上增加 20 mm~30 mm,索体单位质量根据抗火带厚度相应增加。											

附 录 B  
(资料性)  
索体断面排列图

索体断面排列图见图 B.1~图 B.18。

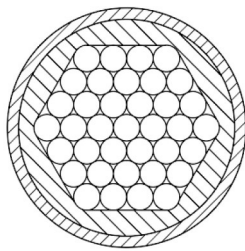


图 B.1 37 丝断面排列图

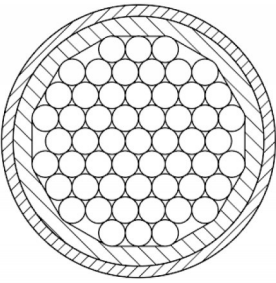


图 B.2 55 丝断面排列图

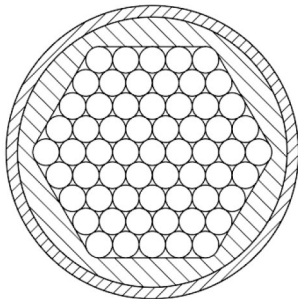


图 B.3 61 丝断面排列图

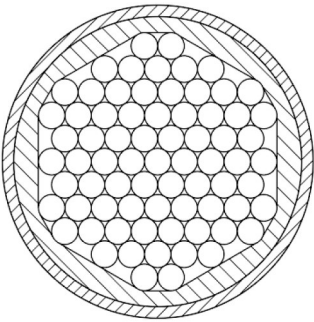


图 B.4 73 丝断面排列图

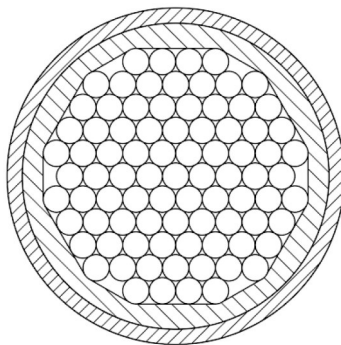


图 B.5 85 丝断面排列图

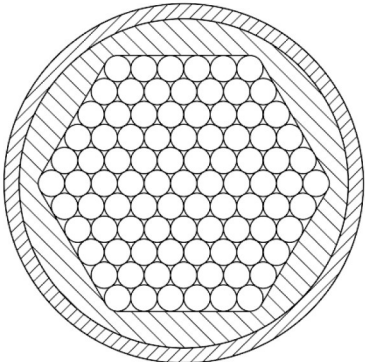


图 B.6 91 丝断面排列图

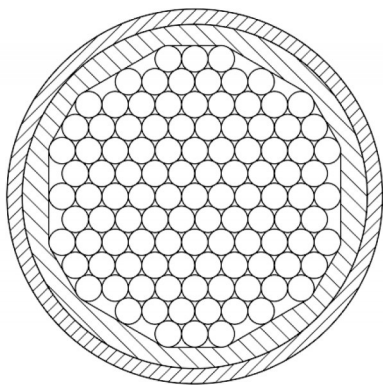


图 B.7 109 丝断面排列图

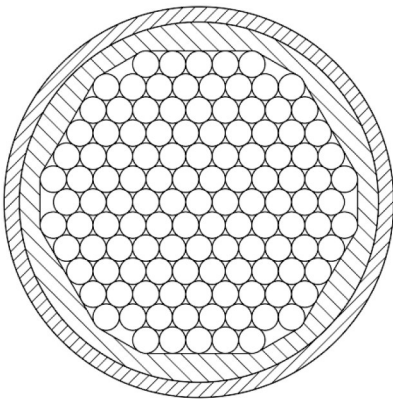


图 B.8 121 丝断面排列图

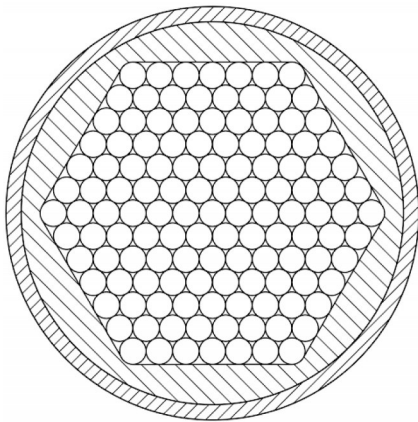


图 B.9 127 丝断面排列图

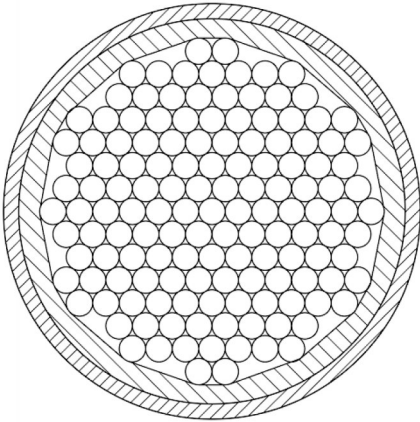


图 B.10 139 丝断面排列图

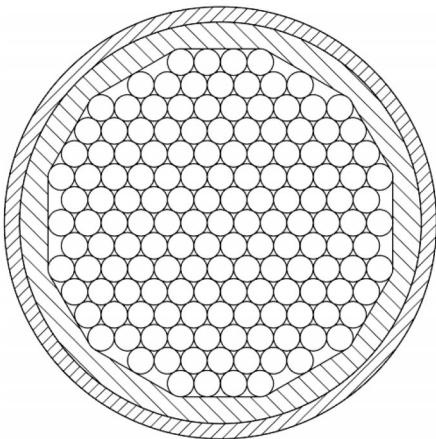


图 B.11 151 丝断面排列图

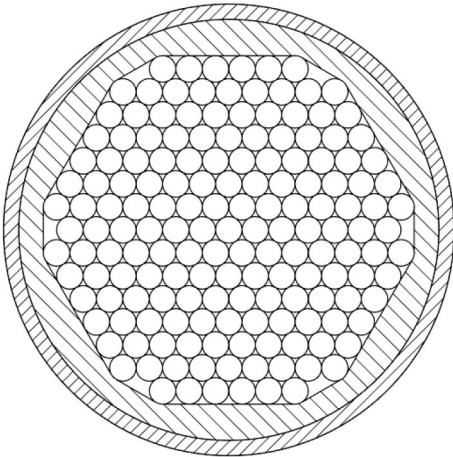


图 B.12 163 丝断面排列图



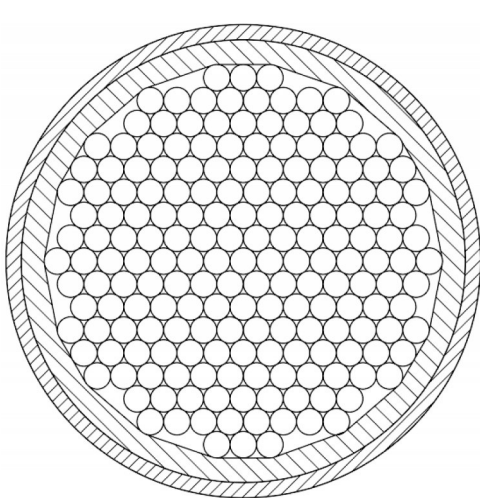


图 B.13 187 丝断面排列图

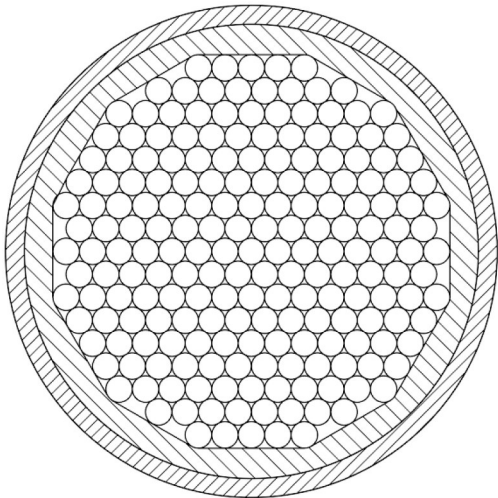


图 B.14 199 丝断面排列图

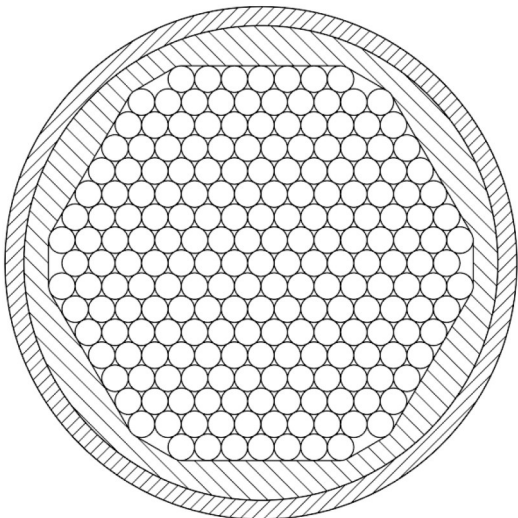


图 B.15 211 丝断面排列图

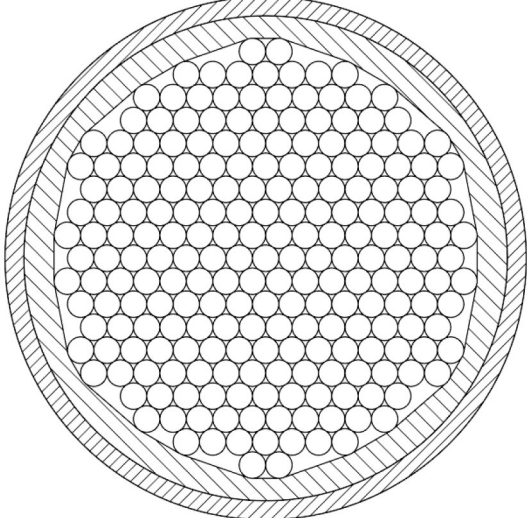


图 B.16 223 丝断面排列图

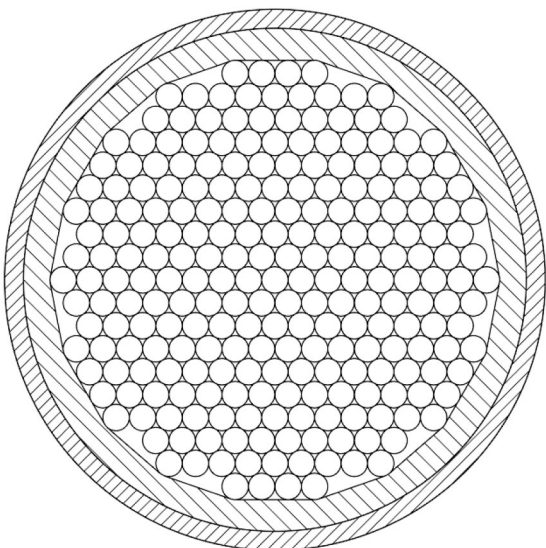


图 B.17 241 丝断面排列图

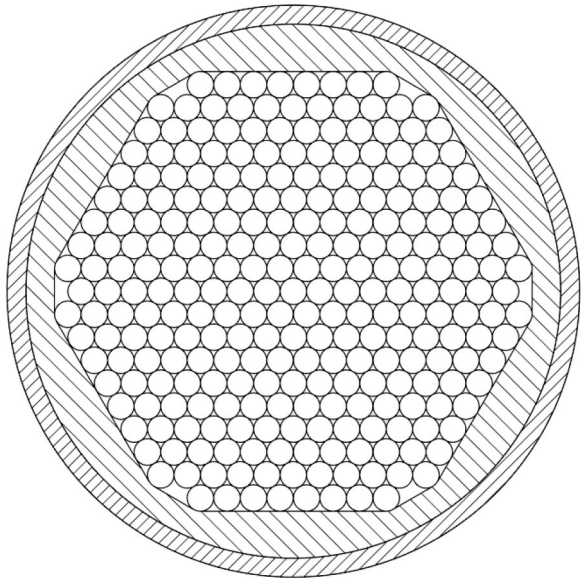
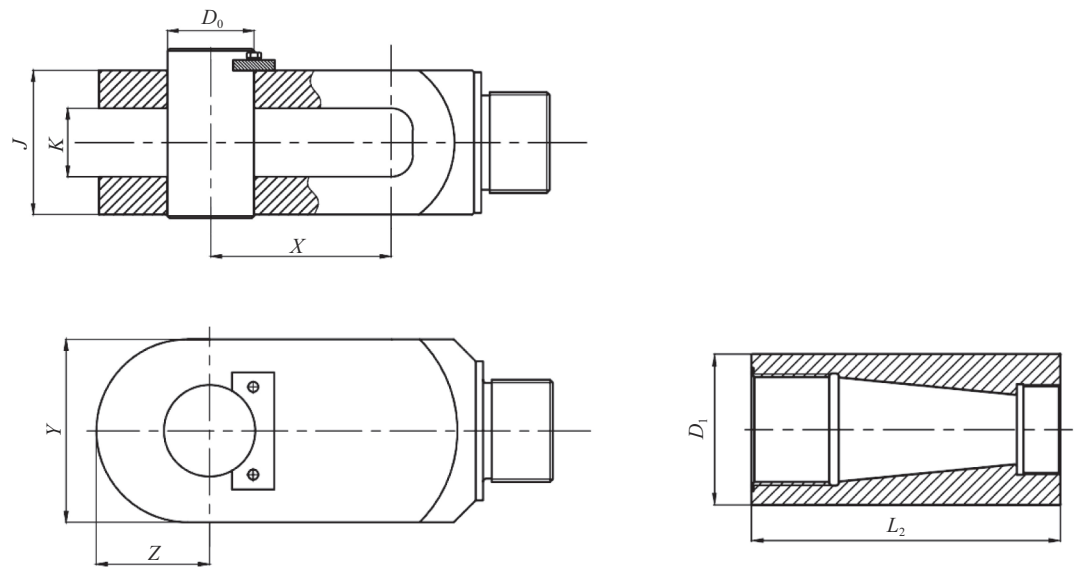


图 B.18 265 丝断面排列图

附录 C  
(资料性)  
锚具主要受力构件尺寸参数

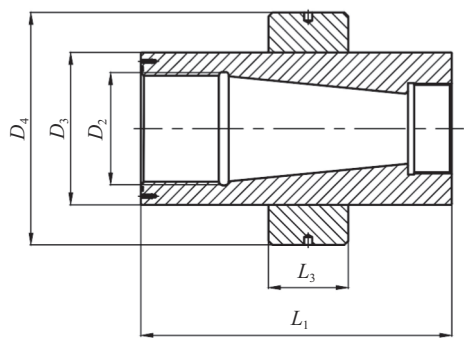
C.1 叉耳式锚具和锚圈式锚具结构示意图分别见图 C.1、图 C.2。



标引序号说明：

$J$ —— 叉耳外档距离；	$Y$ —— 叉耳宽度
$K$ —— 叉耳内档距离；	$Z$ —— 销轴中心至叉耳外端面最大尺寸
$X$ —— 销轴中心至叉耳内挡底部圆弧中心距离(有效安装深度)；	$D_1$ —— 锚杯外径；
$D_0$ —— 销轴直径；	$L_2$ —— 叉耳端锚杯长度。

图 C.1 叉耳式锚具结构示意图



标引序号说明：

$D_2$ —— 锚杯张拉螺纹内径；	$L_1$ —— 锚圈端锚杯长度；
$D_3$ —— 锚杯外螺纹尺寸；	$L_3$ —— 锚圈高度。
$D_4$ —— 锚圈外径；	

图 C.2 锚圈式锚具结构示意图

C.2  $\phi 5$  mm 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要参数见表 C.1~表 C.4;  $\phi 6$  mm 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要参数见表 C.5~表 C.8;  $\phi 7$  mm 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要参数见表 C.9~表 C.12。

表 C.1  $\phi 5$  mm-2 100 MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2100-5-37	75	145	170	180	120	80	170	125	225	590	60	160	590
CFRP 2100-5-55	80	150	180	190	125	85	200	155	255	600	70	190	600
CFRP 2100-5-61	85	160	190	200	130	90	205	160	260	610	80	195	610
CFRP 2100-5-73	90	170	200	215	140	95	235	185	290	620	95	225	620
CFRP 2100-5-85	95	180	210	235	155	105	245	190	300	630	110	235	630
CFRP 2100-5-91	100	190	220	245	165	110	250	195	305	640	120	240	640
CFRP 2100-5-109	110	205	230	265	175	115	275	215	335	650	130	265	650
CFRP 2100-5-121	115	215	240	285	190	125	285	220	345	660	145	275	660
CFRP 2100-5-127	120	225	250	295	195	130	295	225	360	670	150	285	670
CFRP 2100-5-139	125	235	260	305	200	135	320	250	385	680	160	310	680
CFRP 2100-5-151	130	245	270	320	210	140	330	255	395	690	175	320	690
CFRP 2100-5-163	135	255	280	330	215	145	340	260	410	700	180	330	700
CFRP 2100-5-187	145	270	290	350	230	155	365	285	440	710	190	355	710
CFRP 2100-5-199	150	280	300	365	240	160	375	290	450	720	200	365	720
CFRP 2100-5-211	155	290	310	375	245	165	385	295	465	740	205	375	740
CFRP 2100-5-223	160	300	320	385	250	170	405	315	485	760	215	395	760
CFRP 2100-5-241	170	315	330	395	260	175	415	320	500	780	220	405	780
CFRP 2100-5-265	180	330	340	415	275	185	425	325	515	800	225	415	800

表 C.2  $\phi 5\text{ mm}$ -2 400 MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2400-5-37	85	165	185	190	135	90	185	140	240	610	70	175	610
CFRP 2400-5-55	90	170	195	200	140	95	215	170	270	620	80	205	620
CFRP 2400-5-61	95	180	205	210	145	100	220	175	275	630	90	210	630
CFRP 2400-5-73	100	190	215	230	155	105	250	200	305	640	105	240	640
CFRP 2400-5-85	105	200	225	250	170	115	260	205	315	650	125	250	650
CFRP 2400-5-91	110	210	235	260	180	120	265	210	320	660	135	255	660
CFRP 2400-5-109	120	225	245	280	190	125	290	230	350	670	150	280	670
CFRP 2400-5-121	125	235	255	300	205	135	300	235	360	680	165	290	680
CFRP 2400-5-127	130	245	265	310	210	140	310	240	375	690	170	300	690
CFRP 2400-5-139	135	255	275	320	215	145	335	265	400	700	180	325	700
CFRP 2400-5-151	140	265	285	335	225	150	345	270	410	710	195	335	710
CFRP 2400-5-163	145	275	295	345	230	155	355	275	425	720	200	345	720
CFRP 2400-5-187	155	290	305	375	245	165	380	300	455	740	210	370	740
CFRP 2400-5-199	160	300	315	385	255	170	390	305	465	760	225	380	760
CFRP 2400-5-211	165	310	325	395	260	175	400	310	480	780	230	390	780
CFRP 2400-5-223	170	320	335	410	265	180	420	330	500	800	240	410	800
CFRP 2400-5-241	180	335	345	420	275	185	430	335	515	810	245	420	810
CFRP 2400-5-265	190	350	355	440	290	195	440	340	530	830	250	430	830



表 C.3  $\phi 5$  mm-2 600 MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2600-5-37	95	185	195	195	140	95	195	150	255	620	80	185	620
CFRP 2600-5-55	100	190	205	205	145	100	225	180	285	630	90	215	630
CFRP 2600-5-61	105	200	215	215	150	105	230	185	290	640	100	220	640
CFRP 2600-5-73	110	210	225	235	160	110	260	210	320	650	115	250	650
CFRP 2600-5-85	115	220	235	255	175	120	270	215	330	660	135	260	660
CFRP 2600-5-91	120	230	245	265	185	125	275	220	335	670	145	265	670
CFRP 2600-5-109	130	245	255	285	135	130	300	240	365	680	160	290	680
CFRP 2600-5-121	135	255	265	305	210	140	310	245	375	690	175	300	690
CFRP 2600-5-127	140	265	275	315	215	145	320	250	390	700	180	310	700
CFRP 2600-5-139	145	275	285	325	220	150	345	275	415	710	190	335	710
CFRP 2600-5-151	150	285	295	340	230	155	355	280	425	720	205	345	720
CFRP 2600-5-163	155	295	305	350	235	160	365	285	440	740	210	355	740
CFRP 2600-5-187	165	310	315	380	250	170	390	310	470	760	220	380	760
CFRP 2600-5-199	170	320	325	390	260	175	400	315	480	780	235	390	780
CFRP 2600-5-211	175	330	335	400	265	180	410	320	495	800	240	400	800
CFRP 2600-5-223	180	340	345	415	270	185	430	340	515	810	250	420	810
CFRP 2600-5-241	190	355	355	425	280	190	440	345	530	830	255	430	830
CFRP 2600-5-265	200	370	365	450	295	200	450	350	545	850	260	440	850

表 C.4  $\phi 5\text{ mm}$ -2 800 MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2800-5-37	105	205	205	200	145	100	205	160	270	640	90	195	640
CFRP 2800-5-55	110	210	215	210	150	105	235	190	300	650	100	210	650
CFRP 2800-5-61	115	220	225	220	155	110	240	195	305	660	110	220	660
CFRP 2800-5-73	120	230	235	240	165	115	270	220	335	670	125	230	670
CFRP 2800-5-85	125	240	245	260	180	125	280	225	345	680	145	240	680
CFRP 2800-5-91	130	250	255	270	190	130	285	230	350	690	155	250	690
CFRP 2800-5-109	140	265	265	290	200	135	310	250	380	700	170	260	700
CFRP 2800-5-121	145	275	275	310	215	145	320	255	390	710	185	270	710
CFRP 2800-5-127	150	285	285	320	220	150	330	260	405	720	190	280	720
CFRP 2800-5-139	155	295	295	330	225	155	355	285	430	730	200	290	730
CFRP 2800-5-151	160	305	305	345	235	160	365	290	440	740	215	300	740
CFRP 2800-5-163	165	315	315	355	240	165	375	295	455	760	220	310	750
CFRP 2800-5-187	175	330	325	385	255	175	400	320	485	780	230	320	760
CFRP 2800-5-199	180	340	335	395	265	180	410	325	495	800	245	330	770
CFRP 2800-5-211	185	350	345	410	270	185	420	330	510	820	250	340	780
CFRP 2800-5-223	190	360	355	420	275	190	440	350	530	840	260	350	790
CFRP 2800-5-241	200	375	365	440	290	200	450	355	545	860	265	360	800
CFRP 2800-5-265	210	390	375	465	305	210	460	360	560	880	270	370	810

表 C.5  $\phi 6\text{ mm}$ -2 100 MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2100-6-37	90	175	190	215	140	95	175	130	230	650	70	165	650
CFRP 2100-6-55	95	180	200	225	145	100	205	160	260	660	80	195	660
CFRP 2100-6-61	100	190	210	235	150	105	210	165	265	670	90	200	670
CFRP 2100-6-73	105	205	220	255	165	115	245	195	300	680	105	235	680
CFRP 2100-6-85	110	215	230	275	180	125	255	200	310	690	120	245	690
CFRP 2100-6-91	115	225	240	285	190	130	260	205	315	700	130	250	700
CFRP 2100-6-109	125	245	250	310	205	140	285	225	345	710	140	275	710
CFRP 2100-6-121	130	255	260	330	220	150	295	230	355	720	155	285	720
CFRP 2100-6-127	135	265	270	340	225	155	305	235	370	730	160	295	730
CFRP 2100-6-139	140	275	280	355	230	160	335	265	400	740	170	325	740
CFRP 2100-6-151	145	285	290	375	245	170	345	270	410	750	185	335	750
CFRP 2100-6-163	150	300	300	385	250	175	355	275	425	760	190	345	760
CFRP 2100-6-187	160	315	310	415	275	190	375	295	450	770	200	365	770
CFRP 2100-6-199	165	325	320	430	285	195	385	300	460	780	210	375	780
CFRP 2100-6-211	170	335	330	440	295	200	395	305	475	790	215	385	790
CFRP 2100-6-223	175	345	340	455	300	205	420	330	500	800	225	410	800
CFRP 2100-6-241	185	365	350	470	315	215	430	335	515	810	230	420	810
CFRP 2100-6-265	195	380	360	495	330	225	440	340	530	820	235	430	820

表 C.6  $\phi 6\text{ mm}$ -2 400 MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2400-6-37	100	195	205	225	150	105	190	145	245	670	80	180	670
CFRP 2400-6-55	105	200	215	235	155	110	220	175	275	680	80	210	680
CFRP 2400-6-61	110	210	225	245	160	115	225	180	280	690	90	215	690
CFRP 2400-6-73	115	225	235	270	175	125	260	210	315	700	105	250	700
CFRP 2400-6-85	120	235	245	295	190	135	270	215	325	710	120	260	710
CFRP 2400-6-91	125	245	255	305	200	140	275	220	330	720	130	265	720
CFRP 2400-6-109	135	265	265	330	215	150	300	240	360	730	140	290	730
CFRP 2400-6-121	140	275	275	350	230	160	310	245	370	740	155	300	740
CFRP 2400-6-127	145	285	285	360	235	165	320	250	385	750	160	310	750
CFRP 2400-6-139	150	295	295	375	240	170	350	280	415	760	170	340	760
CFRP 2400-6-151	155	305	305	395	255	180	360	285	425	770	185	350	770
CFRP 2400-6-163	160	320	315	405	260	185	370	290	440	780	190	360	780
CFRP 2400-6-187	170	335	325	440	280	200	390	310	465	790	200	380	790
CFRP 2400-6-199	175	345	335	455	290	205	400	315	475	800	210	390	800
CFRP 2400-6-211	180	355	345	470	295	210	410	320	490	810	215	400	810
CFRP 2400-6-223	185	365	355	480	300	215	435	345	515	820	225	425	820
CFRP 2400-6-241	195	385	365	495	315	225	445	350	530	830	230	435	830
CFRP 2400-6-265	205	400	375	525	345	235	455	355	545	840	235	445	840

表 C.7  $\phi 6\text{ mm}$ -2 600 MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2600-6-37	110	215	215	230	155	110	200	155	260	680	90	190	680
CFRP 2600-6-55	115	220	225	240	160	115	230	185	290	690	100	220	690
CFRP 2600-6-61	120	230	235	250	165	120	235	190	295	700	110	225	700
CFRP 2600-6-73	125	245	245	275	180	130	270	220	330	710	125	260	710
CFRP 2600-6-85	130	255	255	300	195	140	280	225	340	720	145	270	720
CFRP 2600-6-91	135	265	265	310	205	145	285	230	345	730	155	275	730
CFRP 2600-6-109	145	285	275	335	220	155	310	250	375	740	170	300	740
CFRP 2600-6-121	150	295	285	360	235	165	320	255	385	750	185	310	750
CFRP 2600-6-127	155	305	295	365	240	170	330	260	400	760	190	320	760
CFRP 2600-6-139	160	315	305	385	245	175	360	290	430	770	200	350	770
CFRP 2600-6-151	165	325	315	405	260	185	370	295	440	780	215	360	780
CFRP 2600-6-163	170	340	325	410	265	190	380	300	455	790	220	370	790
CFRP 2600-6-187	180	355	335	455	285	205	400	320	480	800	230	390	800
CFRP 2600-6-199	185	365	345	465	295	210	410	325	490	810	245	400	810
CFRP 2600-6-211	190	375	355	480	300	215	420	330	505	820	250	410	820
CFRP 2600-6-223	195	385	365	490	310	220	445	355	530	830	260	435	830
CFRP 2600-6-241	205	405	375	510	320	230	455	360	545	840	265	445	840
CFRP 2600-6-265	215	420	385	540	335	240	465	365	560	850	270	455	850

表 C.8  $\phi 6\text{ mm}$ -2 800 MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2800-6-37	120	235	225	235	160	115	210	165	275	700	100	200	700
CFRP 2800-6-55	125	240	235	245	165	120	240	195	305	710	110	230	710
CFRP 2800-6-61	130	250	245	255	170	125	245	200	310	720	120	235	720
CFRP 2800-6-73	135	260	255	280	185	135	280	230	345	730	135	270	730
CFRP 2800-6-85	140	275	265	305	200	145	290	235	355	740	155	280	740
CFRP 2800-6-91	145	285	275	315	210	150	295	240	360	750	165	285	750
CFRP 2800-6-109	155	305	285	340	225	160	320	260	390	760	180	310	760
CFRP 2800-6-121	160	315	295	365	240	170	330	265	400	770	195	320	770
CFRP 2800-6-127	165	325	305	375	245	175	340	270	415	780	200	330	780
CFRP 2800-6-139	170	335	315	390	250	180	370	300	445	790	210	360	790
CFRP 2800-6-151	175	345	325	410	265	190	380	305	455	800	225	370	800
CFRP 2800-6-163	180	360	335	420	270	195	390	310	470	810	230	380	810
CFRP 2800-6-187	190	375	345	460	290	210	410	330	495	820	240	400	820
CFRP 2800-6-199	195	385	355	475	300	215	420	335	505	830	255	410	830
CFRP 2800-6-211	200	395	365	490	305	220	430	340	520	840	260	420	840
CFRP 2800-6-223	205	405	375	510	320	230	455	365	545	850	270	445	850
CFRP 2800-6-241	215	425	385	525	330	240	465	370	560	860	275	455	860
CFRP 2800-6-265	225	440	395	555	350	250	475	375	575	870	280	465	870

表 C.9  $\phi 7\text{ mm}$ -2 100MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2100-7-37	105	205	200	245	165	115	180	135	235	720	80	170	720
CFRP 2100-7-55	110	210	200	260	170	120	215	170	270	730	90	205	730
CFRP 2100-7-61	115	225	210	265	175	125	220	175	275	750	100	210	750
CFRP 2100-7-73	120	240	220	290	190	135	255	205	310	770	115	245	770
CFRP 2100-7-85	125	245	230	325	205	145	265	210	320	790	130	255	790
CFRP 2100-7-91	130	260	240	330	215	150	270	215	325	810	140	260	810
CFRP 2100-7-109	135	280	250	355	235	165	300	240	360	830	150	290	830
CFRP 2100-7-121	140	305	260	365	250	175	310	245	370	850	165	300	850
CFRP 2100-7-127	145	320	270	365	260	180	320	250	385	870	170	310	870
CFRP 2100-7-139	150	330	280	380	270	185	350	280	415	890	180	340	890
CFRP 2100-7-151	155	345	290	395	280	190	360	285	425	910	195	350	910
CFRP 2100-7-163	160	360	300	410	295	200	370	290	440	930	200	360	930
CFRP 2100-7-187	165	375	310	435	310	210	395	315	470	950	210	385	950
CFRP 2100-7-199	170	385	320	455	325	220	405	320	480	970	220	395	970
CFRP 2100-7-211	175	400	330	465	335	225	415	325	495	1 000	225	405	1 000
CFRP 2100-7-223	180	410	340	480	345	230	440	350	520	1 050	235	430	1 050
CFRP 2100-7-241	185	425	350	495	360	240	450	355	535	1 100	240	440	1 100
CFRP 2100-7-265	190	440	360	520	375	250	460	360	555	1 050	245	450	1 050

表 C.10  $\phi 7\text{ mm}$ -2 400 MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2400-7-37	115	230	215	255	175	125	195	150	250	750	250	185	750
CFRP 2400-7-55	120	235	215	270	180	130	230	185	285	770	100	220	770
CFRP 2400-7-61	125	255	225	275	185	135	235	190	290	790	110	225	790
CFRP 2400-7-73	130	270	235	300	200	145	270	220	325	810	125	260	810
CFRP 2400-7-85	135	275	245	335	215	155	280	225	335	830	145	270	830
CFRP 2400-7-91	140	290	255	340	225	160	285	230	340	850	155	275	850
CFRP 2400-7-109	145	315	265	365	245	175	315	255	375	870	170	305	870
CFRP 2400-7-121	150	335	275	375	260	185	325	260	385	890	185	315	890
CFRP 2400-7-127	155	355	285	375	270	190	335	265	400	910	190	325	910
CFRP 2400-7-139	160	370	295	390	280	195	365	295	430	930	200	355	930
CFRP 2400-7-151	165	380	305	410	295	205	375	300	440	950	215	365	950
CFRP 2400-7-163	170	395	315	420	305	210	385	305	455	970	220	375	970
CFRP 2400-7-187	175	415	325	450	325	225	410	330	485	990	230	400	990
CFRP 2400-7-199	180	425	335	470	340	235	420	335	495	1 010	245	410	1 010
CFRP 2400-7-211	185	440	345	480	350	240	430	340	510	1 030	250	420	1 030
CFRP 2400-7-223	190	450	355	495	360	245	455	365	535	1 050	260	445	1 050
CFRP 2400-7-241	195	470	365	510	375	255	465	370	550	1 070	265	455	1 070
CFRP 2400-7-265	200	485	375	540	395	270	475	375	570	1 090	275	465	1 090



表 C.11  $\phi 7$  mm-2 600 MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2600-7-27	125	250	225	265	185	135	205	160	265	770	105	195	770
CFRP 2600-7-55	130	255	225	280	190	140	240	195	300	790	110	230	790
CFRP 2600-7-61	135	275	235	285	195	145	245	200	305	810	120	235	810
CFRP 2600-7-73	140	290	245	310	210	155	280	230	340	830	135	270	830
CFRP 2600-7-85	145	295	255	345	225	165	290	235	350	850	155	280	850
CFRP 2600-7-91	150	310	265	350	235	170	295	240	355	870	165	285	870
CFRP 2600-7-109	155	335	275	375	255	185	325	265	390	890	180	315	890
CFRP 2600-7-121	160	360	285	385	270	195	335	270	400	910	195	325	910
CFRP 2600-7-127	165	380	295	385	280	200	345	275	415	930	200	335	930
CFRP 2600-7-139	170	395	305	400	290	205	375	305	445	950	210	365	950
CFRP 2600-7-151	175	410	315	420	305	215	385	310	455	970	225	375	970
CFRP 2600-7-163	180	425	325	430	315	220	395	315	470	990	230	385	990
CFRP 2600-7-187	185	445	335	460	335	235	420	340	500	1 010	240	410	1 010
CFRP 2600-7-199	190	460	345	480	350	245	430	345	510	1 030	255	420	1 030
CFRP 2600-7-211	195	470	355	490	360	250	440	350	525	1 050	260	430	1 050
CFRP 2600-7-223	200	480	365	505	370	255	465	375	550	1 070	270	455	1 070
CFRP 2600-7-241	205	505	375	520	385	265	475	380	565	1 090	275	465	1 090
CFRP 2600-7-265	210	520	385	550	405	280	485	385	585	1 110	285	475	1 110

表 C.12  $\phi 7\text{ mm}$ -2 800 MPa 碳纤维增强复合筋拉索锚具主要受力构件尺寸参数表

单位为毫米

序号	叉耳尺寸参数					销轴 直径	锚圈端锚具					叉耳端锚杯	
	$K$	$J$	$X$	$Y$	$Z$	$D_0$	$D_3$	$D_2$	$D_4$	$L_1$	$L_3$	$D_1$	$L_2$
CFRP 2800-7-37	135	270	235	275	195	145	215	170	280	810	115	205	810
CFRP 2800-7-55	140	275	235	290	200	150	250	205	315	830	120	240	830
CFRP 2800-7-61	145	295	245	295	205	155	255	210	320	850	130	245	850
CFRP 2800-7-73	150	310	255	320	220	165	290	240	355	870	145	280	870
CFRP 2800-7-85	155	315	265	355	235	175	300	245	365	890	165	290	890
CFRP 2800-7-91	160	330	275	360	245	180	305	250	370	910	175	295	910
CFRP 2800-7-109	165	360	285	385	265	195	335	275	405	930	190	325	930
CFRP 2800-7-121	170	385	295	395	280	205	345	280	415	950	205	335	950
CFRP 2800-7-127	175	410	305	395	290	210	355	285	430	970	210	345	970
CFRP 2800-7-139	180	420	315	410	300	215	385	315	460	990	220	375	990
CFRP 2800-7-151	185	435	325	430	315	225	395	320	470	1 010	235	385	1 010
CFRP 2800-7-163	190	455	335	440	325	230	405	325	485	1 030	240	395	1 030
CFRP 2800-7-187	195	475	345	470	345	245	430	350	515	1 050	250	420	1 050
CFRP 2800-7-199	200	485	355	490	360	255	440	355	525	1 070	265	430	1 070
CFRP 2800-7-211	205	505	365	500	370	260	450	360	540	1 090	270	440	1 090
CFRP 2800-7-223	210	515	375	515	380	265	475	385	565	1 110	280	465	1 110
CFRP 2800-7-241	215	535	385	530	395	275	485	390	580	1 130	285	475	1 130
CFRP 2800-7-265	220	550	395	560	415	290	495	395	600	1 150	295	485	1 150