

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 35156—2017

---

## 结构用纤维增强复合材料拉索

Fiber reinforced polymer composites structural cables

2017-12-29 发布

2018-11-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国纤维增强塑料标准化技术委员会(SAC/TC 39)归口。

本标准负责起草单位:清华大学、中冶建筑研究总院有限公司、东南大学。

本标准参加起草单位:中国人民解放军陆军工程兵技术装备研究所、法尔胜泓昇集团有限公司、南京诺尔泰复合材料制造有限公司、重庆达力索缆科技有限公司、南京锋晖复合材料有限公司、江苏恒神股份有限公司。

本标准主要起草人:冯鹏、杨勇新、吴智深、汪昕、艾鹏程、朱万旭、黎伟捷、张继文。



# 结构用纤维增强复合材料拉索

## 1 范围

本标准规定了结构用纤维增强复合材料拉索的术语和定义、分类、代号和标记、材料和制作、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于桥梁、建筑等结构中承受拉力的纤维增强复合材料拉索,其他结构用的纤维增强复合材料拉索可参照使用。

## 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 1446 纤维增强塑料性能试验方法总则
- GB/T 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法
- GB/T 1462 纤维增强塑料吸水性试验方法
- GB/T 2576 纤维增强塑料树脂不可溶分含量试验方法
- GB/T 3961 纤维增强塑料术语
- GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
- GB/T 21490 结构加固修复用碳纤维片材
- GB/T 22567 电气绝缘材料 测定玻璃化转变温度的试验方法
- GB/T 26743 结构工程用纤维增强复合材料筋
- CJ/T 297 桥梁缆索用高密度聚乙烯护套料
- JG/T 330—2011 建筑工程用索

## 3 术语和定义

GB/T 3961 和 JG/T 330—2011 界定的以及下列术语和定义适用于本文件,为了便于使用,以下重复列出了 JG/T 330—2011 的一些术语和定义。

### 3.1

**纤维增强复合材料拉索** fiber reinforced polymer composites structural cable

由纤维增强复合材料索体、配套锚具和外包保护层组成的在工程结构中承受拉力的构件。

### 3.2

**索体** cable body

拉索中由纤维增强复合材料细棒、薄板、绞线或拉杆构成的线形受力体。

### 3.3

**纤维增强复合材料平行棒索** cable of parallel fiber reinforced polymer bars

索体由若干根平行的纤维增强复合材料细棒组成的拉索。

3.4

纤维增强复合材料平行板索 cable of parallel fiber reinforced polymer plates

索体由若干片平行的纤维增强复合材料薄板组成的拉索。

3.5

纤维增强复合材料绞线索 cable of fiber reinforced polymer strands

索体由若干根纤维增强复合材料细棒经扭绞形成的拉索。

3.6

纤维增强复合材料拉杆索 cable of fiber reinforced polymer tie rod

索体由单根恒定截面的纤维增强复合材料拉杆组成的拉索。

3.7

锚具 anchorage

索体端部用于锚固和保持索力且将索力传递给结构的锚固及连接装置。

[JG/T 330—2011, 定义 3.1.8]

3.8

公称破断力 nominal breaking load

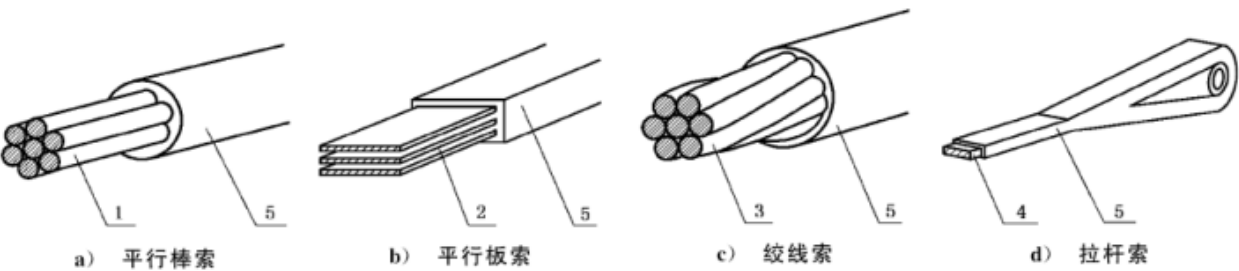
索体有效横截面积乘以索材抗拉强度标准值所得结果。

4 分类、代号和标记

4.1 分类和代号

4.1.1 根据索体中采用的纤维类型,分为碳纤维复材索(CF)、玄武岩纤维复材索(BF)、玻璃纤维复材索(GF)和混杂纤维复材索(HF)。

4.1.2 根据索体的形式分为平行棒索(BC)、平行板索(PC)、绞线索(SC)、拉杆索(TC),其结构形式见图 1。



说明:

- 1——纤维增强复合材料细棒;
- 2——纤维增强复合材料薄板;
- 3——纤维增强复合材料绞线;
- 4——纤维增强复合材料拉杆;
- 5——外包层。

图 1 索体形式示意图

4.1.3 根据锚具与结构的连接形式,锚具分为耳板式(EM)和支承式(ZM),其结构形式见图 2。

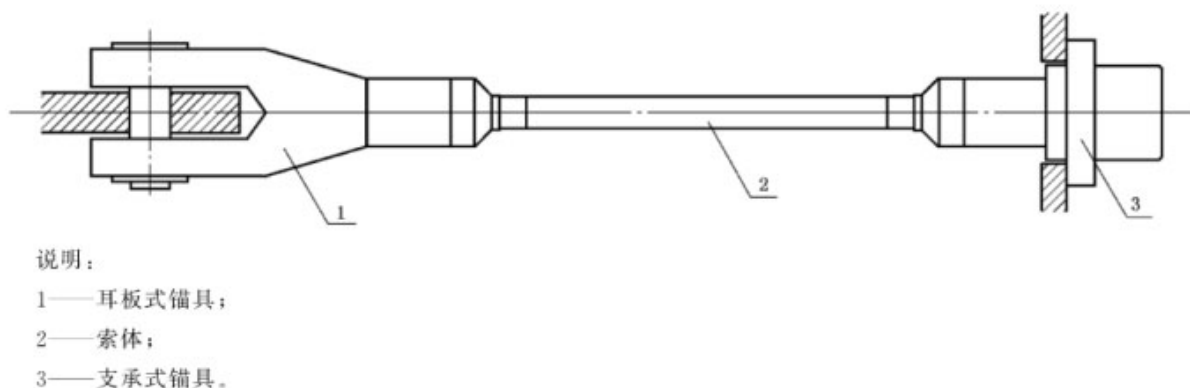
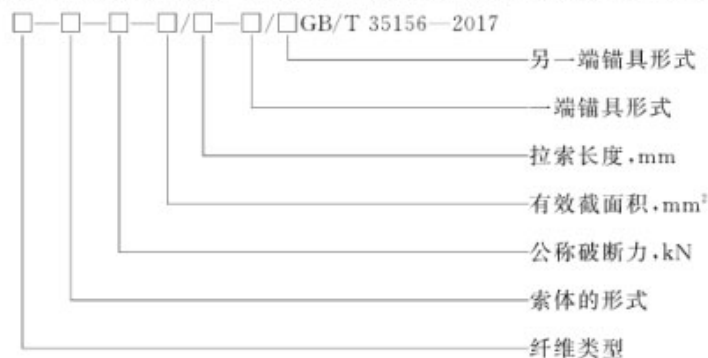


图2 锚具形式示意图

## 4.2 标记

索体与锚具配套使用,形成拉索。两端可采用相同的锚具形式,也可以采用不同的锚具形式。拉索按纤维类型、索体形式、公称破断力、索体有效截面积、拉索长度、锚具形式和本标准号进行标记。



示例 1:碳纤维复合材料平行板索,公称破断力为 1 100 kN,索体有效截面积为 500 mm<sup>2</sup>,拉索长度 105 mm,一端为耳板式锚具,另一端为支承式锚具,标记为:

CF-PC-1100-500/105-EM/ZM GB/T 35156—2017。

示例 2:玄武岩纤维复合材料拉杆索,公称破断力为 2 000 kN,索体有效截面积为 1 020 mm<sup>2</sup>,拉索长度 1 500 mm,两端均为耳板式锚具,标记为:

BF-TC-2000-1020/1500-EM/EM GB/T 35156—2017。

## 5 材料和制作

5.1 索体与锚具所使用的材料应符合设计要求。

5.2 索体的增强材料和基体材料应符合相关标准的规定。

5.3 锚具的原材料应符合 GB/T 14370 的规定。

5.4 平行棒索中的细棒应符合 GB/T 26743 的规定。

5.5 平行板索中的薄板应采用碳纤维增强复合材料,并符合 GB/T 21490 的规定。

5.6 制作拉索时,应将索体进行预张拉后方可进行组装,预张拉方法参见附录 A。

5.7 索体和锚具组装后应进行外包保护,外包保护包括护层和护套,护层推荐采用高密度聚乙烯(HDPE);护套可采用高密度聚乙烯管材或有防护涂层的金属管材。当采用高密度聚乙烯时,其材料性能应满足 CJ/T 297 的规定。

## 6 要求

### 6.1 外观

6.1.1 外包保护前的索体应顺直、无扭曲,其表面应光洁平整,应无裂纹、气泡、毛刺、纤维裸露、纤维浸润不良等缺陷。外包保护后的索体,其表面应齐整致密、无破损、无缺漏。

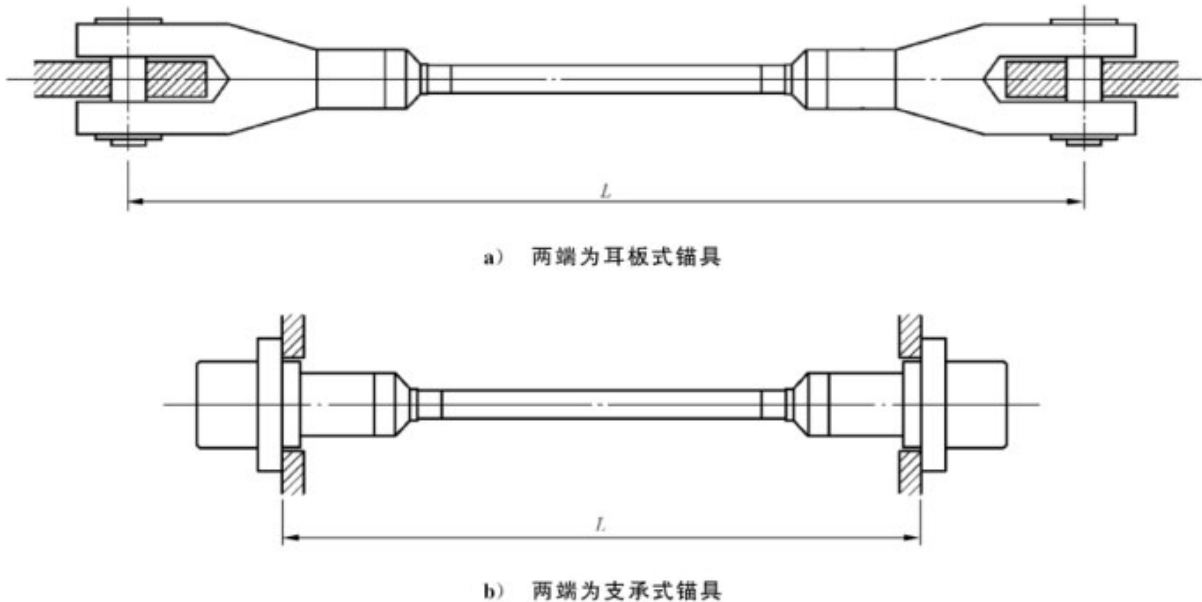
6.1.2 锚具表面不得有白点、裂纹、飞边、压痕、划伤和缩孔等缺陷。

### 6.2 长度偏差和尺寸

6.2.1 拉索结构如图 3 所示,长度偏差应符合表 1 的规定。

6.2.2 索体有效截面积、锚具尺寸和保护层厚度应符合设计图样规定,锚具螺纹应能自由旋合。

单位为米



说明:

$L$ ——拉索长度。

图 3 拉索结构示意图

表 1 拉索长度偏差要求

单位为米

| 形式       | 长度                | 允许偏差           |
|----------|-------------------|----------------|
| BC、PC、SC | $L \leq 50$       | $\pm 0.015$    |
|          | $50 < L \leq 100$ | $\pm 0.020$    |
|          | $100 < L$         | $\pm L/5\ 000$ |
| TC       | $L \leq 5$        | $\pm 0.005$    |
|          | $5 < L \leq 10$   | $\pm 0.010$    |
|          | $10 < L$          | $\pm 0.020$    |

### 6.3 索体的材料性能

6.3.1 索体复合材料的物理性能应符合表 2 的规定。

表 2 索体复合材料物理性能

| 项目       | 要求                         |
|----------|----------------------------|
| 树脂不可溶分含量 | $\geq 90\%$                |
| 吸水率      | $\leq 0.5\%$               |
| 玻璃化转变温度  | $\geq 100^{\circ}\text{C}$ |

6.3.2 索体复合材料的力学性能应符合表 3 的规定。

表 3 索体复合材料力学性能

| 项目               | 索体用复合材料  | 材料    | 要求            |
|------------------|----------|-------|---------------|
| 纵向拉伸弹性模量<br>GPa  | 细棒、薄板、拉杆 | CF    | $\geq 120$    |
|                  |          | BF、GF | $\geq 50$     |
|                  | 绞线       | CF    | $\geq 90$     |
| 纵向拉伸强度标准值<br>MPa | 细棒、薄板、拉杆 | CF    | $\geq 2100$   |
|                  |          | BF    | $\geq 800$    |
|                  |          | GF    | $\geq 600$    |
|                  | 绞线       | CF    | $\geq 1\ 500$ |
| 横向拉伸强度<br>MPa    | 薄板       | CF    | $\geq 90$     |

### 6.4 索体弹性模量

碳纤维平行棒索、碳纤维平行板索和碳纤维拉杆索的弹性模量应不低于 110 GPa,碳纤维绞线索的弹性模量应不低于 80 GPa,其他纤维拉索的弹性模量应不低于 45 GPa。

### 6.5 拉索性能

#### 6.5.1 锚具回缩

拉索应进行超张拉,超张拉荷载应取 1.25 倍设计索力,且不低于公称破断力的 40%,超张拉时的锚具回缩应小于 5 mm 且不大于锚具长度的 2%,超张拉后锚具无损坏,其残余变形率不大于 0.2%。

#### 6.5.2 静载性能

拉索的静载极限荷载应不小于索体公称破断力的 95%,且最大力下拉索的伸长率应不大于 1.5%,加载过程中锚具无损坏。

#### 6.5.3 动载性能

有动载要求的拉索应满足循环次数为 200 万次的疲劳性能试验。在有抗震要求的结构中使用,拉索应满足循环次数为 50 次的周期荷载试验。疲劳性能试验或周期荷载试验后,索体及锚具均不应发生

破断。

## 7 试验方法

### 7.1 外观

在正常(光)照度下,距离 0.5m 目测。

### 7.2 长度偏差和尺寸

长度偏差、索体有效截面积、锚具尺寸、外包保护层厚度按照 JG/T 330—2011 规定检验。

### 7.3 索体的材料性能

7.3.1 试件切取应满足 GB/T 1446 规定。

7.3.2 树脂不可溶分含量按 GB/T 2576 进行测定。

7.3.3 吸水率按 GB/T 1462 进行测定。

7.3.4 玻璃化转变温度按 GB/T 22567 进行测定。

7.3.5 纤维增强复合材料细棒纵向拉伸强度标准值和纵向拉伸弹性模量按 GB/T 26743 进行测定。

7.3.6 纤维增强复合材料薄板、纤维增强复合材料拉杆纵向拉伸强度标准值和纵向拉伸弹性模量、纤维增强复合材料薄板横向拉伸强度按 GB/T 1447 进行测定。纤维增强复合材料拉杆可取标准同炉试样进行测定。

7.3.7 纤维增强复合材料绞线纵向拉伸强度标准值和纵向拉伸弹性模量按 GB/T 26743 进行测定。

注:强度标准值等于强度平均值减去 1.645 倍强度均方差。

### 7.4 索体弹性模量

索体的弹性模量按 JG/T 330—2011 进行测定。

### 7.5 拉索性能

7.5.1 拉索的锚具回缩按 JG/T 330—2011 进行测定。

7.5.2 拉索的静载极限荷载按 JG/T 330—2011 进行测定。

7.5.3 拉索的疲劳性能试验和周期荷载试验按 JG/T 330—2011 进行。

## 8 检验规则

### 8.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

### 8.2 出厂检验

#### 8.2.1 检验项目

出厂检验项目见表 4。

表 4 检验项目

| 序号                    | 检验项目     | 抽样规定 | 出厂检验          |     |     | 型式检验          |     |     |
|-----------------------|----------|------|---------------|-----|-----|---------------|-----|-----|
|                       |          |      | 平行棒索、<br>平行板索 | 绞线索 | 拉杆索 | 平行棒索、<br>平行板索 | 绞线索 | 拉杆索 |
| 1                     | 外观       | 每根   | ✓             | ✓   | ✓   | ✓             | ✓   | ✓   |
| 2                     | 长度偏差和尺寸  | 每根   | ✓             | ✓   | ✓   | ✓             | ✓   | ✓   |
| 3                     | 索体材料物理性能 | 每批   | ✓             | ✓   | ✓   | ✓             | ✓   | ✓   |
| 4                     | 索体材料力学性能 | 每批   | ✓             | ✓   | ✓   | ✓             | ✓   | ✓   |
| 5                     | 索体弹性模量   | 每批   | ✓             | ✓   | ✓   | ✓             | ✓   | ✓   |
| 6                     | 锚具回缩     | 每根   | ✓             | ✓   | ✓   | ✓             | ✓   | ✓   |
| 7                     | 拉索静载性能   | 每批   | ✓             | ✓   | ✓   | ✓             | ✓   | ✓   |
| 8                     | 拉索动载性能   | 每批   | —             | —   | —   | ✓             | ✓   | ✓   |
| 注：“—”为非检验项目，“✓”为检验项目。 |          |      |               |     |     |               |     |     |

### 8.2.2 组批和抽样

以相同规格、相同材料、相同工艺、相同设备,稳定连续生产的 100 根拉索或累计长度 2 000 m 为一批,一个工程不足此数时也视为一批。每批抽取 2 根拉索,1 根用于索体材料物理性能和索体材料力学性能检验;1 根用于索体弹性模量、锚具回缩和拉索静载性能检验。

### 8.2.3 判定规则

外观、长度偏差和尺寸、锚具回缩均符合要求,判该产品合格,否则判该产品不合格。索体材料物理性能、索体材料力学性能、索体弹性模量和拉索静载性能均符合要求,判该批产品合格;如一项不合格项目时,应加倍抽取拉索对该项目进行复验,如全部合格,判该批产品合格,否则判该批产品不合格。

## 8.3 型式检验

### 8.3.1 检验条件

有下列情况之一时应进行型式检验:

- 新产品或产品转厂生产的试制定型鉴定;
- 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- 定期或积累一定产量后,每两年进行一次检验;
- 产品长期停产后,恢复生产时;
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

### 8.3.2 检验项目

型式检验项目应符合表 4 的规定。

### 8.3.3 组批和抽样

以相同规格、相同材料、相同工艺、相同设备,稳定连续生产的 100 根拉索或累计长度 2 000 m 为一批,一个工程不足此数时也视为一批。每批抽取不少于 3 根拉索,其中疲劳性能试验和周期荷载试验至

少各 1 根。

#### 8.3.4 判定规则

所检项目全部合格判型式检验合格,否则判型式检验不合格。

### 9 标志、包装、运输、贮存

#### 9.1 标志

9.1.1 在每件产品的两端锚具处,应标明该拉索编号和产品标记。

9.1.2 每件产品均应附合格证、质量保证书和产品使用说明书。合格证上注明:制造厂名和厂址、生产日期、产品编号、产品标记和产品标准号。

#### 9.2 包装

##### 9.2.1 成盘包装

规格较大或长度较长的产品可采用成盘包裹,索盘筒径应不小于 50 倍的拉索外径,拉索整齐卷绕于索盘上,两端锚具牢固地固定于索盘上,但应便于拆卸。索盘的最大外形尺寸应满足相应运输(车船及交通)条件的要求。

##### 9.2.2 成圈包装

产品以脱胎成圈的形式包装运输,其盘绕内径应不小于 50 倍拉索外径,并且不小于 1.6 m。最大外形尺寸应满足相应的运输条件。

##### 9.2.3 直条包装

拉杆索应采用直条包装,当长度超过运输工具尺寸时,可将锚具与索体拆分,索体部分采用直条包装,锚具、连接件等装箱运输。

##### 9.2.4 其他要求

拉索应采用不损伤其表面质量且阻燃的材料缠包保护,并盘卷整齐,捆扎结实。两端锚具用塑料套加麻布包裹两层进行固定和防护,以防潮防水。

#### 9.3 运输与贮存

9.3.1 在运输和装卸过程中,应防止碰伤索体及锚具,并应防潮防雨。

9.3.2 产品可贮存在一般条件室内仓库中,室内存放时,室内应干燥通风,并避免日光直射和受潮;露天存放则应置于遮篷中,用支撑板垫起,且应防潮防雨,远离热源火源。

9.3.3 成圈产品应水平堆放贮存,重叠堆放时逐层间应加支撑垫板,堆放时应注意锚具不可压伤拉索护层。避免锈蚀、沾污、遭受机械损伤和散失。

附 录 A  
(资料性附录)  
复合材料拉索预张拉

### A.1 范围

本附录规定了复合材料拉索预张拉的步骤。

本附录适用于复合材料拉索的预张拉和制作。

### A.2 预张拉步骤

A.2.1 纤维增强复合材料平行棒索、纤维增强复合材料平行板索和采用组装式锚具的纤维增强复合材料拉杆索按照预张拉、外包保护和锚具连接等主要程序制作。预张拉荷载不小于公称破断力的 40%，预张次数不小于 3 次，每次预张拉持荷时间不小于 60 min。

A.2.2 纤维增强复合材料绞线索按照扭绞、外包保护和锚具连接等主要程序制作。成型后再进行预张拉和外包保护。预张拉荷载不小于公称破断力的 40%，预张次数不小于 3 次，每次预张拉持荷时间不小于 60 min。

A.2.3 采用一体式锚具的纤维增强复合材料拉索，锚具与索体同时成型制作，成型后再进行预张拉和外包保护。预张拉荷载不小于公称破断力的 40%，预张次数不小于 3 次，每次预张拉持荷时间不小于 60 min。

---





中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
结构用纤维增强复合材料拉索

GB/T 35156—2017

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2017年12月第一版

\*

书号: 155066 · 1-58902

版权专有 侵权必究



GB/T 35156-2017