



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 36264—2018

## 超高温氧化环境下纤维复合材料 拉伸强度试验方法

Test method for tensile strength of fiber composites under ultrahigh  
temperature and oxidizing environment

2018-06-07 发布

2019-01-01 实施

国家市场监督管理总局 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。

本标准起草单位：中国建材检验认证集团股份有限公司、安徽佳力奇碳纤维科技股份有限公司、中国航空工业集团公司基础技术研究院、常州市宏发纵横新材料科技股份有限公司、山东双一科技股份有限公司、巨石集团有限公司、湖南博翔新材料有限公司、江苏澳盛复合材料科技有限公司、秦皇岛耀华玻璃钢股份公司。

本标准主要起草人：包亦望、万德田、梁禹鑫、王玲、谈昆伦、崔海军、曹国荣、黄小忠、许文前、田远、付秀君。



# 超高温氧化环境下纤维复合材料 拉伸强度试验方法

## 1 范围

本标准规定了在超高温氧化环境下纤维复合材料拉伸强度试验的试验原理、仪器设备、试样、试验步骤、结果与计算和试验报告。

本标准适用于 1 500 ℃~2 200 ℃不同氧分压环境下纤维编织复合材料的拉伸强度测试,其他类型材料以及 1 500 ℃以下的高温拉伸强度测试可参照使用。

## 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—2005 纤维增强塑料性能试验方法总则

GB/T 16491 电子式万能试验机

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**超高温 ultrahigh temperature**

1 500 ℃及以上的温度。

### 3.2

**均温段 uniform temperature zone**

试样中部截面尺寸相同且温度均匀的工作区域。

### 3.3

**氧分压 partial pressure of oxygen**

在混合气体中由所含氧气产生的压强,通过氧体积分量和总气压的乘积计算。

## 4 试验原理

在设定的氧分压环境下,采用电磁感应加热技术对试样进行局部快速加热(不能直接采用电磁感应加热的试样,需在试样外加石墨套管辅助加热)。用红外测温仪监测试样均温段的表面温度,达到设定温度并保温一段时间后,以恒定的加载速率对试样施加拉伸载荷,直至试样破坏,记录载荷-位移曲线。根据获得的最大载荷值和试样尺寸计算拉伸强度。

## 5 仪器设备

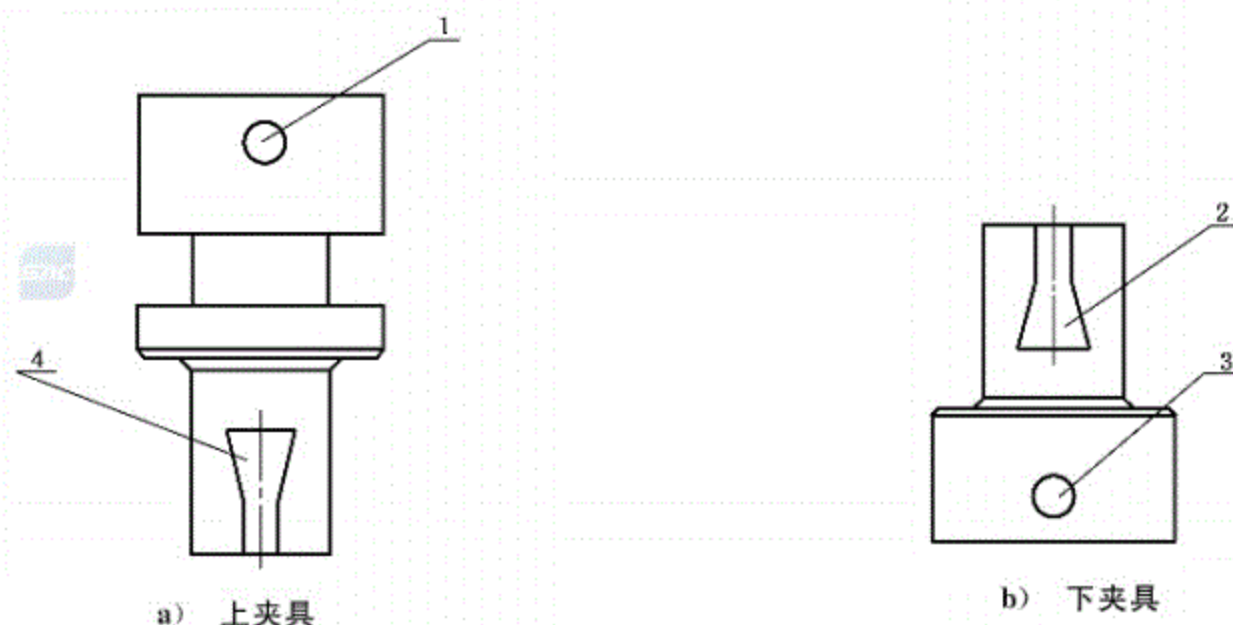
### 5.1 试验机

试验机应符合 GB/T 16491 的规定,试验机准确度不低于 1 级,能自动记录载荷与位移或测试时间

的关系曲线。

### 5.2 夹具

试验夹具材料为耐 900 °C 以上的高温合金,弹性模量大于 200 GPa,洛氏硬度大于 40 HRC。试验夹具示意图见图 1 所示。



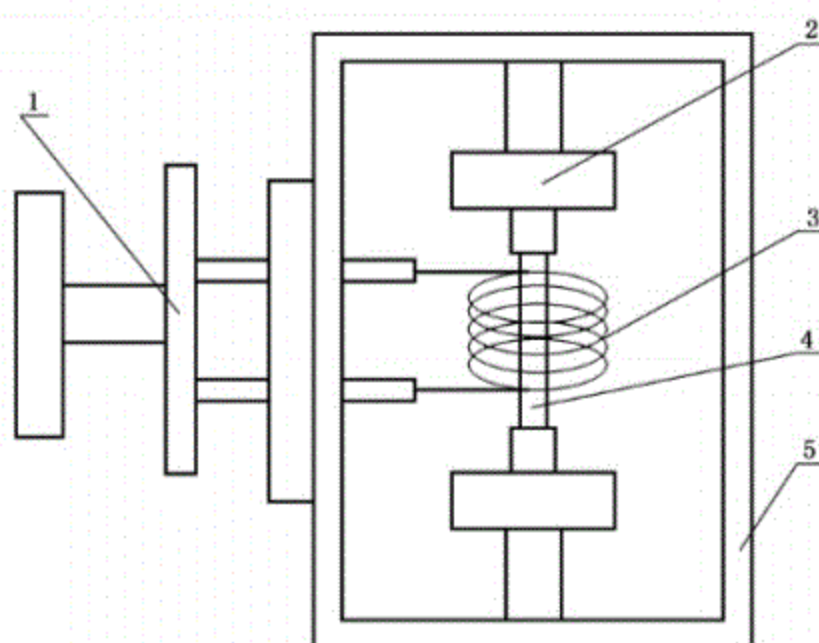
说明:

- 1、3——销孔;
- 2、4——试样夹持区。

图 1 试验夹具示意图

### 5.3 电磁感应加热装置

电磁感应加热装置最高加热温度应高于 2 200 °C,最高升温速率应大于 100 °C/s,控温精度不低于 1%。感应线圈长度应不低于 60 mm,不少于 5 匝,确保试样均温段长度不低于 20 mm。电磁感应加热装置示意图见图 2 所示。



说明:

- 1——感应电源;
- 2——冷却装置;
- 3——电磁感应线圈;
- 4——试样;
- 5——加热炉壳体。

图 2 电磁感应加热装置示意图

#### 5.4 石墨套管

套管材料推荐选用高强石墨。套管长度应与电磁感应线圈长度相同；套管内径应大于 24 mm，与电磁感应线圈内边缘相距 2 mm~5 mm。套管应有直径 6 mm~8 mm 的开孔。

#### 5.5 测温装置

测温装置应设有测温窗口，窗口尺寸应符合测温要求。温度测量宜采用红外测温仪，测温精度不低于 1%，测温范围：1 000 ℃~3 000 ℃。

#### 5.6 真空计

精度不低于 10 Pa。

#### 5.7 氧分压仪

采用在线式或泵吸式氧分压仪，测量精度不低于 5%。

### 6 试样

#### 6.1 试样型式和尺寸

根据材料和加工特点，试样分为 I 型试样、II 型试样。I 型试样见图 3、II 型试样见图 4，试样尺寸见表 1。

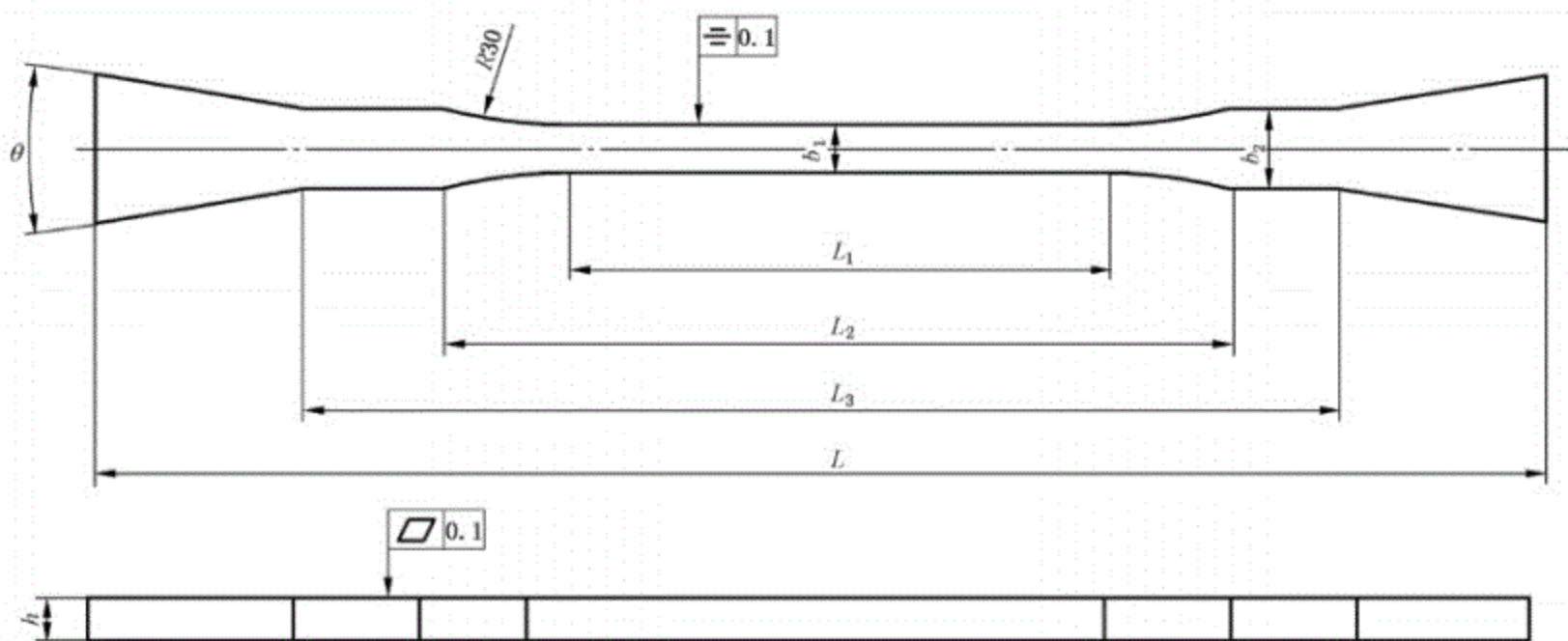


图 3 I 型试样

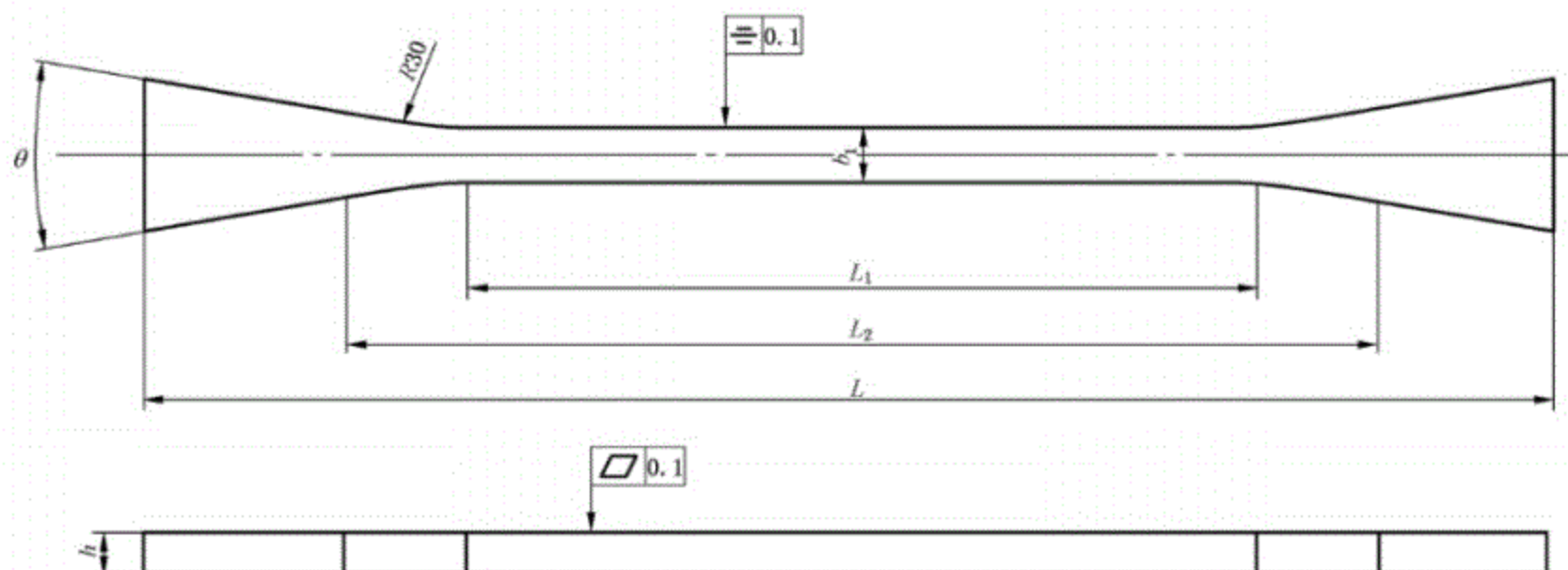


图 4 II 型试样

表 1 试样尺寸

符号	试样尺寸		公差
	I 型	II 型	
$L_1/\text{mm}$	80	120	$\pm 1.0$
$L_2/\text{mm}$	100	140	$\pm 1.0$
$L_3/\text{mm}$	140	—	$\pm 1.0$
$L/\text{mm}$	210	210	$\pm 1.0$
$b_1/\text{mm}$	10	10	$\pm 0.5$
$b_2/\text{mm}$	14	—	$\pm 0.5$
$h/\text{mm}$	3~10	3~10	$\pm 0.5$
$\theta$	$16^\circ$	$16^\circ$	$\pm 0.1^\circ$

注：对于松软材料推荐对称粘贴金属加强片。

## 6.2 试样制备

### 6.2.1 取样

试样取样应符合 GB/T 1446—2005 中 4.1 的规定。

### 6.2.2 试样加工后处理

试样经  $150\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$  烘干处理 30 min, 自然冷却至室温。

### 6.2.3 试样保存

试验前试样应在温度  $20\text{ }^\circ\text{C} \sim 30\text{ }^\circ\text{C}$ , 相对湿度  $(50 \pm 10)\%$  的环境中保存。保存时应相互隔离, 避免碰撞。

### 6.3 试样数量

相同测试条件下,有效试样不少于5个。

注:如果要进行一个强度的统计分析(例如,Weibull 统计分析),则至少需要30个试样。

## 7 试验步骤

### 7.1 测量试样尺寸

试验前应检查试样,采用精度为0.02 mm的游标卡尺测量试样均温段的尺寸。在均温段内选取两端及中间处测量试样横截面的厚度和宽度,取平均值。测量过程中,不能损坏试样表面。

### 7.2 安装试样

#### 7.2.1 安装好夹具。

7.2.2 对于可直接感应加热的试样,将试样直接套入感应线圈内。对于无法直接感应加热的试样,将试样套入石墨加热套管后再套入感应线圈内,保持石墨套管与感应线圈齐平。

7.2.3 将试样安装到夹具中,调整试样,保持其与套管之间的间隙为2 mm~5 mm。红外测温仪、测温窗口和石墨套管开孔应在一条直线上。

### 7.3 加热和调节氧分压

7.3.1 调整二维滑移平台,使红外测温仪的测温点在试样均温区的中心位置附近。

7.3.2 室温下对加热炉抽真空至 $1 \times 10^{-2}$  Pa以下,保持真空或充入惰性气体。

7.3.3 采用手动或自动控温模式对试样加热,推荐升温速率为 $30 \text{ }^\circ\text{C}/\text{s} \sim 100 \text{ }^\circ\text{C}/\text{s}$ ,达到设定温度后保温1 min。

7.3.4 达到设定的试验温度后,根据试验要求氧分压,调整加热炉内气体压强达到设定值。通常为0.1 Pa~10 000 Pa之间。或者避开加热炉内进气和出气口位置,采用氧分压仪测量炉腔内的氧分压值。

7.3.5 电磁感应直接加热的试样保温3 min,或者利用石墨套管辐射加热的试样保温5 min。保温期间,移动二维滑移平台监测试样表面温度,横向和纵向移动的距离长度均不少于6 mm。保持试样均温段温度偏差不超过设定温度值的3%。

### 7.4 测试

采用位移控制加载模式,对试样施加拉伸载荷,加载速度为 $1.0 \text{ mm}/\text{min} \sim 3.0 \text{ mm}/\text{min}$ ,直至试样破坏。记录载荷-时间曲线和最大载荷值。

### 7.5 失效模式判定

试验过程中若发生下列情况之一,则试验数据无效:

- 试验过程中夹具损坏;
- 试样断裂部位在均温区之外。

## 8 结果与计算

### 8.1 拉伸强度按式(1)计算:

$$\sigma_t = \frac{P_{\max}}{b_1 \times h} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$\sigma_t$  —— 拉伸强度，单位为兆帕(MPa)；

$P_{\max}$  —— 最大载荷，单位为牛顿(N)；

$b_1$  —— 试样宽度，单位为毫米(mm)；

$h$  —— 试样厚度，单位为毫米(mm)。

8.2 拉伸强度的算术平均值、标准偏差和离散系数按 GB/T 1446—2005 的第 6 章计算。

## 9 试验报告

试验报告应包含以下各项全部或部分內容：

- a) 试验项目名称和执行标准号；
- b) 测试机构的名称、报告编号；
- c) 试样材料类型和批次；
- d) 试样名称、型式、尺寸、数量和编号；
- e) 试验设备及仪器仪表型号、量程及使用情况；
- f) 加载速率、试验温度、加热方式、升温速率、保温时间、氧分压；
- g) 拉伸强度的有效结果、算术平均值、标准偏差及离散系数；
- h) 试验人员、试验日期及其他。