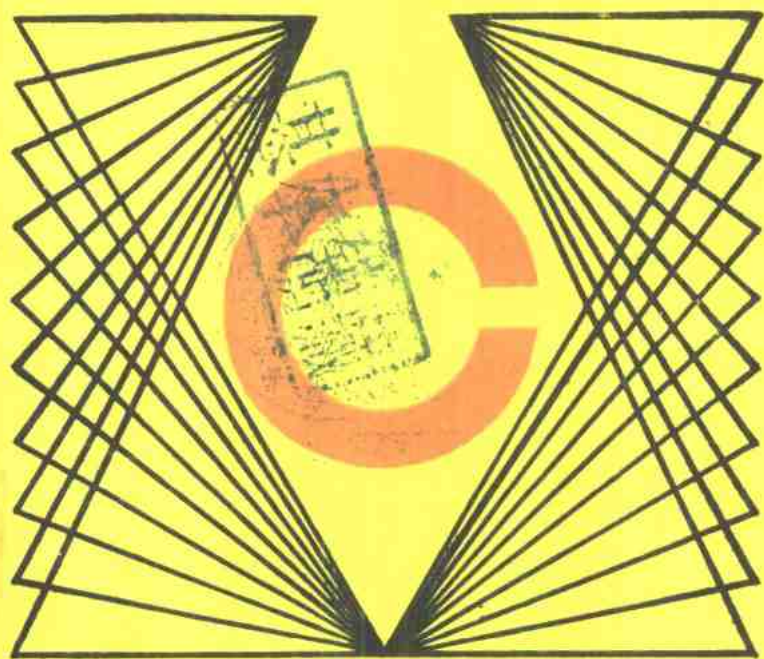


899696

碳纤维测试方法

高瑞林 李安邦 编译



山西科学教育出版社

碳纤维测试方法

高端林·李安邦编译

山西科学教育出版社

碳纤维测试方法

高瑞林 李安邦

*

山西科学教育出版社出版发行 (太原并州北路十一号)

太原千峰科技印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 2.75 字数: 54 千字

1989年10月第1版 1989年10月太原第1次印刷

印数: 1—1000册

*

ISBN 7-5377-0201-2

T·39 定价: 1.25 元

内 容 提 要

本书根据日本工业标准JISR7601—1980、碳纤维恳谈会规范JCFS002—1981、JCFS003—1982 SCFS—1982译编而成，内容包括碳纤维的纤度、密度、比重、抗拉强度、抗拉弹性模量、水分率、捻数、PH值、体积电阻的测试方法和碳布的测试方法，附有试验报告和计算实例，为使实际工作者将自己的测试结果与国际水平对比，在书末增添了碳纤维的分类和标准化术语，以及世界碳纤维主要生产厂家的碳纤维牌号、物性数据等。

本书可供碳纤维及其复合材料行业的生产、科研、教学等方面的技术人员和高等院校师生参阅。

序

碳纤维是适应宇航、导弹和飞机等尖端技术发展的需要而研制开发的一种新材料。它具有高强度、高模量、低比重、耐高温、抗烧蚀、耐腐蚀和导电等特殊性能。其应用范围日益扩展，已成为开发各种复合材料不可缺少的特种纤维之一，为各工业发达国家所瞩目。

目前，国内碳纤维的研究、试制和生产单位日益增多，但在碳纤维性能测试方面，尚未制定出统一的标准，这必将对测试结果带来较大误差。因此，碳纤维测试方法的研究亟待加强。为了适应这方面的需要，高瑞林、李安邦两同志参照日本工业标准（JIS）及有关资料，编译了碳纤维测试方法这本书，供国内有关碳纤维及其复合材料科技工作者参考。

侯树元

目 录

序

1. 适用范围	(1)
2. 术语定义	(2)
3. 实验室的标准大气状况	(3)
4. 测试结果的数值表示法	(4)
5. 测试方法	(4)
5.1 纤度	(4)
5.2 密度和比重	(5)
5.3 抗拉强度和抗拉弹性模量	(11)
5.4 水分率	(20)
5.5 上胶率	(21)
5.6 捻数	(25)
5.7 PH值	(25)
5.8 体积电阻率	(26)
6. 试验报告和计算实例	(31)
7. 测试方法说明	(33)
8. 碳布的测试方法	(52)
9. 碳纤维的分类、单位和术语的标准化	(54)
10 附录：国外碳纤维制造厂家、商品名、牌号、 分级性能	(57)
10.1 世界主要碳纤维制造厂商及商品名	(57)

10.2国外碳纤维商品名、牌号及所属等级.....	(58)
10.3碳纤维商品牌号.....	(60)
10.4商品碳纤维比模量排列顺序.....	(65)
10.5商品碳纤维比强度排列顺序.....	(67)
10.6不同牌号超高强度碳纤维断裂应变率 排列顺序.....	(68)
10.7制造厂家数据.....	(69)
11.力学单位换算表.....	(78)
编后语.....	(79)

碳纤维的测试方法

1. 适用范围

本标准规范详细说明了碳纤维的测试方法⁽¹⁾。规定了碳纤维的纤度、密度、比重、抗拉强度、抗拉弹性模量、水分率、上胶率、捻数、PH值及体积电阻率的测试方法。

注释〔1〕 用于本标准规范的“碳纤维”意指通过热解有机纤维得到的基本上是单一碳元素组成的纤维状炭材料。

注释：在本标准规范中，各个单位和{}内的数值系根据国际单位制(SI)，并增补了参考资料。

引用标准

- JIS B 7150—测微显微镜
- JIS B 7525—比重计
- JIS K 8101—乙醇(99.5)，酒精(99.5)
- JIS K 8102—乙醇(95)，酒精(95)
- JIS K 8111—氯化锌
- JIS K 8180—盐酸
- JIS K 8459—四氯化碳
- JIS K 8891—甲醇
- JIS K 8900—2-丁酮(试剂)
- JIS K 8951—浓硫酸
- JIS K 1107—高纯氮气

- JIS R 7601—碳纤维测试方法
 JIS Z 8401—数值取舍规则
 JIS Z 8703—测试的标准大气状况
 JIS Z 8801—测试用筛
 JIS Z 8806—湿度测定方法
 JIS Z 8802—PH值测定方法
 JIS R 3503—化学分析用玻璃器皿

参考标准

- JIS L 0101 标定纤维、粗沙、纱线和其它织物线密度的纺织系统标准
 JIS Z 8203 SI单位、国际单位的复合法和若干其它单位的用法
 JIS R 3420 玻璃纤维的一般测试方法
 JIS L 1074 合成纤维测试方法
 JIS K 1470 粉末活性炭测试方法

2. 术语定义

用于本标准规范的主要术语，其定义如下：

- (1) 纤度：单位长度的重量。
 (2) 密度：标准测试温度下，物质的单位体积重量。
 (3) 比重：同一温度下，物质的重量对同体积水的重量之比。t℃时的比重d可用下式由相同温度下的密度 ρ 算出：

$$d = \frac{\rho}{\rho_w} \quad (1)$$

此处 ρ_w : $t^\circ\text{C}$ 时水的密度。

(4) 抗拉强度: 拉伸试验时, 作用于试样的最大拉伸应力。

(5) 抗拉弹性模量: 弹性极限内, 拉伸应力——应变曲线的切线斜率。

(6) 水分平衡: 进行了1小时预干燥($40 \pm 5^\circ\text{C}$)后, 将试料放入标准状况试验室或标准状态装置中, 达到恒重状态。

(7) 绝干状态: 将试料放入 $110 \pm 2^\circ\text{C}$ 的热风循环式干燥箱中, 恒重后的状态, 称为绝干状态, 此时的质量为绝干质量。

备考: 1. 除热风式干燥箱外, 用红外线干燥箱和真空干燥箱也很好, 但这时要附记下条件。

2. 在上述温度下引起分解等质量变化的胶粘剂试料, 要采取低于上述温度的干燥温度, 附记下条件。

(8) 恒重: 水分平衡时间1小时以上, 绝干状态十分钟以上, 称量两次, 两次的重量差应在规定值⁽¹⁾内。

注释⁽¹⁾ 规定值0.03%。

(9) PH值: 本规范中所说的PH值是根据JIS Z 8802 (PH值测定法)定义所规定的值, 没有严格的物理化学意义。

3. 实验室的标准大气状况

实验室的标准大气状况通常应为JIS Z 8703规定的3级标准温度($20 \pm 5^\circ\text{C}$)和3级标准湿度($65 \pm 20\%$)。

备考: 湿度测定用JIS Z 8806(湿度测定方法)的阿斯曼吸气温度计, 根据施普伦柯公式由湿度表求出相对湿度。

实际上用于湿球温度计或毛发湿度计很方便，但此时宜用阿斯曼吸气温度计随时检验。

4. 测试结果的数值表示法

4.1 数值取舍法：测试结果应取规定值的下一位数字，并根据JIS Z8401进行取舍。

4.2 平均值、标准偏差和变异系数

从下列方程式得到平均值、标准误和离散系数：

$$\text{平均值} \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

$$\text{标准误差} \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

$$\text{离散系数}(\%) = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 \quad (4)$$

此处， x_i ：各个测量值

n ：测量次数

5. 测试方法

5.1 纤度 按下述方法测量纤度

(1) 测量仪器：测量仪器说明如下：

(1.1) 天平：用感量0.1mg的天平。

(1.2) 量尺：用一能够测量到1mm的尺子。

(2) 操作：测量操作如下：

(2.1) 给束丝加荷，使之拉紧而又不引起任何伸长，

再按表1给定的长度, 剪取试样, 精确到1mm。

表1 试样的纤度和长度

纤度 (tex)	试样的长度 (m)
50以下	2.0
50—500	1.5
500以上	1.0

(2.2) 称量试样, 精确到0.1mg。

(2.3) 按下式计算纤度:

$$t = \frac{m}{l} \times 1000 \quad (5)$$

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (6)$$

此处, t : 每1000米的重量 (g);

\bar{t} : 纤度 (tex);

m : 试样的重量 (g);

l : 试样的长度 (m);

n : 测量次数。

(2.4) 平行测试5个或更多个, 平均值精确到十位数。

5.2 密度和比重

5.2.1 测量条件: 以在20℃进行密度和比重的测量为标准。

5.2.2 应用液体排代测量法, 液体排代测量法如下所述:

(1) 试样 为了易于排除试样浸入液体时附着的气泡, 浸入前, 试样应制成完好的形状, 其大小要适合于测试用的

烧杯，重量在0.1—0.5g为准。

(2) 浸渍液体 浸渍液为乙醇〔2〕

注释〔2〕应用JIS K 8101或JIS K 8102规定的试剂。

(3) 测试仪器 测试仪器如下所述：

(3.1) 天平：用感量0.1mg的天平。

(3.2) 烧杯

(3.3) 支撑烧杯的支架或盘子

(3.4) 比重计：用JIS B 7525规定的液体比重计。

(4) 操作 操作如下：

(4.1) 在直径不超过0.1mm的金属丝一端系住试样，在规定的室温下称量，精确到0.1mg。

(4.2) 烧杯中倒入浸渍液，置于规定的室温下，再放到支撑烧杯的架盘上，注意避免触及天平的摆动部件。

(4.3) 用液体比重计分别测量出浸渍液体的比重。

(4.4) 在系住试样的金属丝上作一标记，在此标记处使浸入液体的试样处于悬挂状态。

(4.5) 把试样浸入浸液，通过摇动等方法完全排除试样表面的气泡；金属丝的另一端挂到天平上，同时，通过调节液体体积，使液面与金属丝上的标记一致，称准到0.1mg。

(4.6) 称出金属丝在空气中和浸液中的重量，金属丝应浸到(4.4)项做好的标记处，称准至0.1mg。

(4.7) 按下式计算比重：

$$d = \frac{m_a}{m_a - m_L} \times d_L \quad (7)$$

此处， d ：比重；

d_L ：浸液的比重；

m_a : 在空气中试样的重量 (g)。

$$m_a = m_1 - m_2$$

此处, m_1 : 系金属丝的试样在空气中的重量 (g);

m_2 : 金属丝在空气中的重量 (g);

m_L : 试样在浸液中的重量 (g)。

$$m_L = m_3 - m_4$$

此处, m_3 : 系有金属丝的试样在浸液中的重量 (g);

m_4 : 在浸液中金属丝浸没到标记处时的重量 (g)。

(4.8) 作三个或三个以上试样的平行试验, 所得平均值取小数第 2 位。

5.2.3 应用密度梯度管的测量方法 按表 2 给定的条件, 进行下述密度梯度管法的测试。

(1) 试样: 为易于排除试样浸入液体时附着的气泡, 试样在浸入前应制成完好的形状。

可用下述任何一种试样:

(1.1) 切成 3—5mm 的样品。

(1.2) 通过 JIS Z 8801 规定的 149 μ m 筛孔的粒状样品。

(1.3) 把长约 30mm 的单丝做成线圈形状的样品。

表 2

测试方法	浸液	密度限度(g/cm ³)
密度梯度管法	氯化铈 (3) / 水	1.00~2.00
	四氯化碳 (4) / 溴代乙烯	1.60~2.18
	四氯化碳 / 溴仿	1.60~2.89
	乙烯 (2) / 溴仿	0.81~2.89

注释: (3) 用 JIS K 8111 规定的试剂。

(4) 用 JIS K 8459 规定的试剂。

(2) 浸液：浸液应为表 2 (5) 规定的浸液。

注释 (5) 用氯化锌/水组成的浸液时，加入 0.1 的甲醇或乙醇作为润湿剂，以便容易排除气泡。

最好应用 1% 的盐酸代替蒸馏水，来制备这种溶液。甲醇、乙醇和盐酸分别应用 JIS K 8891, JIS K 8101 和 JIS K 8180 规定的试剂。

(3) 测试仪器 测试仪器如下：

(3.1) 玻璃管：玻璃管长约 1m，内径 4.5cm，毫米刻度长度至少超过 85cm。上口配一个适合的磨砂活塞。只要所得结果不变，也可使用不同容量的玻璃管。

(3.2) 恒温水槽：能够容纳下玻璃管，且能够使温度保持在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 。

(3.3) 玻璃容器：用两个直径相同的玻璃容器，最好容量均为 2000ml。

(3.4) 标准浮子：直径 3—5 mm 的玻璃空心球。

(3.5) 虹吸管

(3.6) 滴定管：能够测量到 5—50ml。

(4) 密度梯度管的制作

(4.1) 虹吸法 虹吸法应用如下：

(4.1.1) 为制作测试所需要的这种密度——梯度管，首先要从下列方程式求得 ρ_A ：

$$\rho_A = \rho_1 - \frac{2(\rho_1 - \rho_2)V_B}{V}$$

此处， ρ_A ：图 1 中玻璃容器 A 中液体的初始密度 (g/cm^3)；

ρ_1 ：图 1 中玻璃容器 B 中液体的初始密度，应该选择使它的密度比所要求的标准浮子的最高密度高 $0.005\text{g}/\text{cm}^3$ ；

ρ_2 : 在密度梯度管上端液体的密度, 应该选择使它的密度比所要求标准浮子的密度低 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$;

V_B : 玻璃容器B中液体的初始体积 (ml);

V : 密度梯度管中的全部液体的体积 (ml)。

(4.1.2) 把密度为 ρ_A 的液体注入图1的玻璃容器A, 密度为 ρ_1 的液体注入玻璃容器B, 并以虹吸管通过这两个容器, 使两种液体的水平面互相一致。

(4.1.3) 当用搅拌器搅动容器B中的液体时, 经过虹吸管壁注入玻璃管的液体的速率不大于20毫升/分。

(4.1.4) 这一操作的结果导致容器B中液面下降, 引起容器A中的液体流到容器B, 渐次与容器B中的溶液混合, 然后流进玻璃管, 从而, 玻璃管中的液体成为连续的密度梯度。

(4.1.5) 第(4.1.2)至(4.1.4)项的操作在约 20°C 下进行。

(4.1.6) 把已盛满液体的玻璃管轻轻放入恒温水槽。

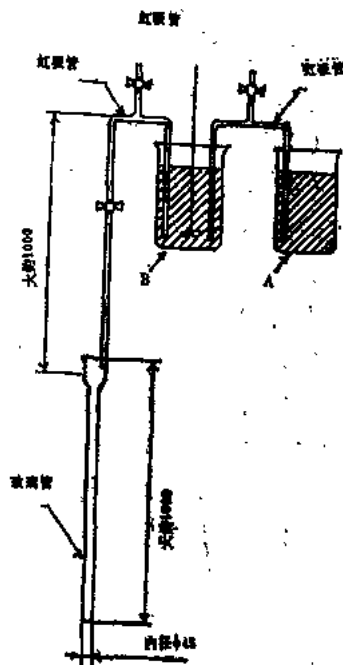


图1 密度梯度管 单位: mm

注: 玻璃容器A容量大约2000ml

玻璃容器B容量大约2000ml.

(4.1.7) 用甲醇或类似液体洗净标准浮子后, 用最低密度的液体使它润湿, 缓缓地放入已制成的密度梯度管里, 再把密度梯度管轻轻放入温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 的恒温槽里。标准浮子的数目以不少于每 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$ 密度差有一个浮子为宜, 浮在玻璃管中的位置间隔最好不大于 $10-20\text{cm}$ 。

(4.1.8) 经过24小时后, 读出在密度梯度管中部刻度处标准浮子的高度, 精确到 1mm (刻度)。画出标准浮子的密度对密度梯管刻度的校准曲线。

(4.1.9) 如果校准曲线是锯齿形或是显著弧形, 则应重作(4.1.1)至(4.1.3)项的操作。

(4.2) 填充液体法 填充液体法如下所述:

(4.2.1) 为制造所要求的密度—梯度管, 配制 n 个不同密度的液体 $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots, \rho_n$ 。

为配制上述液体, ρ_1 须选择比所需的最高密度的标准浮子高出 $0.50\text{g}/\text{cm}^3$, 而 ρ_n 则选择比最低的还低 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$ 。液体的分级 n 应这样决定: 在管中的每个液体高度 $1-2\text{cm}$ 。

(4.2.2) 缓缓地把按照(4.2.1)项制得的液体, 按密度的顺序, 即首先密度 ρ_1 液体, 其次 ρ_2 的液体等等, 用滴定管注入玻璃管里, 每管 20ml 。

(4.2.3) 在大约 20°C 下进行(4.2.1)项和(4.2.2)项的操作。

(4.2.4) 以后(接下来)的操作与(5.2.3)节的(4.1.6)至(4.1.9)项的操作相同。

(5) 操作 操作如下所述:

(5.1) 预先用最低密度的液体—甲醇或乙醇湿润了的试样, 缓慢地放进密度梯度管中, 试样的重量应为1