ICS 27.120.10

CCS Q 53

|  |
| --- |
|  |

T/CNS

中国核学会团体标准

T/CNS XXXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

高温气冷堆核动力厂

核石墨材料抗拉强度测定方法

Standard Test Method for Tensile Strength of Nuclear Graphite Material in High-Temperature Gas-Cooled Reactor Nuclear Power Plants

|  |
| --- |
|  |
| 本稿完成日期：2025年7月 |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国核学会   发布

目  次

[目  次 I](#_Toc28217)

[前  言 II](#_Toc18126)

[高温气冷堆核动力厂核石墨材料抗拉强度测定方法 1](#_Toc18832)

[1 范围 1](#_Toc14459)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc28693)

[3 术语和定义 1](#_Toc15974)

[4 符号和说明 1](#_Toc8042)

[5 试验原理及计算公式 2](#_Toc2983)

[5.1 试验原理 2](#_Toc5256)

[5.2 计算公式 2](#_Toc8908)

[6 试验设备 2](#_Toc2110)

[6.1 试验机 2](#_Toc18013)

[6.2 试验加载装置 2](#_Toc8973)

[6.3 测量工具 3](#_Toc24708)

[6.4 铭牌和标识 3](#_Toc9088)

[7 试样 3](#_Toc18068)

[7.1 试样制备 3](#_Toc16041)

[7.2 试样加工精度 4](#_Toc555)

[7.3 外观 4](#_Toc1367)

[7.4 试样数量 4](#_Toc24558)

[8 试验程序 4](#_Toc31815)

[8.1 实验室标准环境条件 4](#_Toc22928)

[8.2 试验步骤 4](#_Toc18083)

[9 结果计算 4](#_Toc23763)

[9.1 抗拉强度计算 4](#_Toc32122)

[9.2 有效性判断 4](#_Toc16270)

[10 试验报告 4](#_Toc25640)

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。

本标准由中国核学会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：中核能源科技有限公司，上海交通大学，清华大学核能与新能源技术研究院，成都方大炭炭复合材料股份有限公司。

本标准主要起草人：易亚楠、朱少民、马少鹏、孙立斌、史力、汪银、刘福生、石琦、彭明锋、陈景、高旭、雍龙海、周俊杰、周士潮。

高温气冷堆核动力厂核石墨材料抗拉强度测定方法

1. 范围

本文件规定了高温气冷堆核动力用核石墨材料抗拉强度测定所需的试验原理、试验设备、试样、试验程序和结果计算方法。

本文件适用于室温下采用圆环对径压缩法测定核石墨材料抗拉强度，其它非核级石墨材料也可参照本标准执行。

1. 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，仅所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 1427-2016 炭素材料取样方法

GB/T 3159-2008 液压式万能试验机

GB/T 16491-2022 电子式万能试验机

GB/T 1184-1996 形状和位置公差 未注公差值

GB/T 1800.1-2020 产品几何技术规范（GPS）线性尺寸公差ISO代号体系 第1部分：公差、偏差和配合的基础

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。



圆环试样 ring-shaped specimen

圆环试样是一种几何形状为闭合圆环的标准化测试样品，其特点是几何对称性，均匀的环形结构。



核石墨材料 nuclear graphite material

用于核反应堆堆芯或辐射环境中的高纯度、高强度、高各向同性的石墨材料。



抗拉强度 tensile strength

抗拉强度又称拉伸强度，是材料在单向静力拉伸条件下，抵抗断裂的最大能力。本文是圆环试样在单向静力压缩条件下，抵抗断裂的最大能力，其抗拉强度值等价于在单向静力拉伸条件下的抗拉强度。

1. 符号和说明

下列符号适用于本文件。

——抗拉强度（MPa）

*d*1 ——圆环试样的内圆直径（mm）

*d*2 ——圆环试样的外圆直径（mm）

*t* ——圆环试样的厚度（mm）

*P* ——试验机加载端载荷（N）

*Pmax* ——圆环试样受压破坏时的极限荷载（N）

*R*a ——试样表面粗糙度（μm）

1. 试验原理及计算公式
   1. 试验原理

图1为利用圆环试样测量抗拉强度的原理图，内径为*d*1，外径为*d*2的圆环试样，沿圆环试样的y轴方向作用一对线荷载P，圆环试样受轴向载荷P作用时，在内环上下顶点*A*1、*A*2处形成拉应力集中区，随着载荷增大，裂纹将在内环上下顶点处萌生，并裂纹迅速扩展导致试样破坏。根据理论模型，加载过程中最大载荷对应的圆环内环上下顶点处的拉应力值即为该材料的抗拉强度。

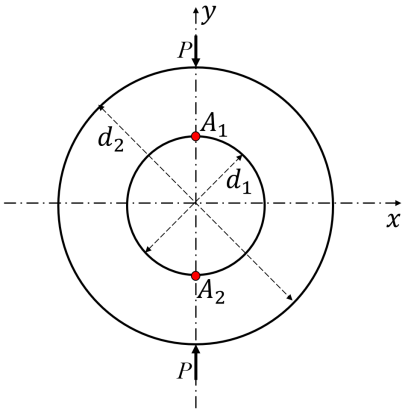


图1 圆环试样径向受压示意图

* 1. 计算公式

圆环内外径比为0.5时，用圆环试样测量石墨材料抗拉强度的计算公式可表示为：

…………………………………（1）

1. 试验设备
   1. 试验机

试验机要求如下。

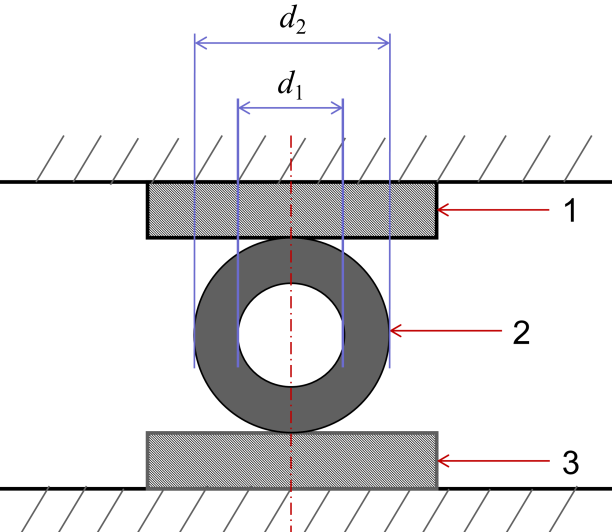
采用液压式万能试验机时，试验机的性能应符合 GB/T 3159-2008 的规定，测量误差、同轴度级加载速度相对误差不低于1级要求。

采用电子式万能试验机时，试验机的性能应符合 GB/T 16491-2022 的规定，测量误差、同轴度级加载速度相对吴超不低于1级要求。

满足第6.1.1条或6.1.2条时，应同时满足力传感器精度优于0.5%，试样最大加载载荷应在传感器量程的10%~90%之间。

* 1. 试验加载装置

图2是试验加载装置示意图，正式试验时圆环试样应位于压头中心，上、下压头的尺寸不应小于圆环试样的外直径，即50mm。一般上压头应为球铰接以确保压头与圆环试样的同轴性。



标引序号说明：

1——上压头；

2——圆环试样；

3——下压头。

图2 圆环试样径向受压示意图

* 1. 测量工具

游标卡尺：测量范围0mm~200mm，精度0.01mm.

千分尺：测量范围0mm~25mm，25mm~50mm，精度0.01mm。

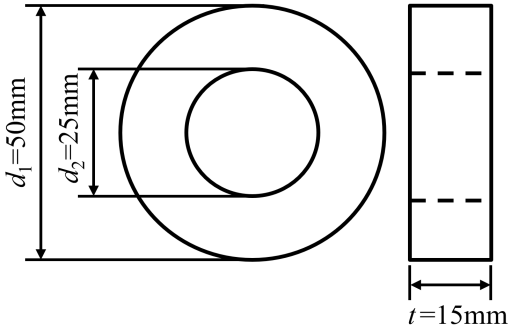
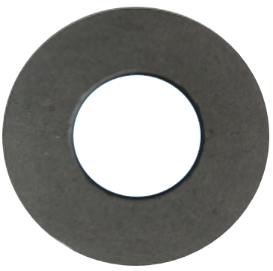
* 1. 铭牌和标识

试验机应在显著位置钉有牢固的铭牌，铭牌上至少应清晰标识下列内容：

1. 制造商名称、商标；
2. 试验机的型号和名称；
3. 准确度等级、测量范围；
4. 编号和出厂日期。
5. 试样
   1. 试样制备

根据采购方或设计方要求进行取样，或参考GB/T 1427 按批取样。取样工具为空心钻头或其他工具。取样位置为每块样品的中心区或端面中心位置处。

图3(a)是圆环试样的尺寸参数示意图，内径*d*1=25mm，外径*d*2=50mm，厚度*t*=15mm；图3(b)是试样成品。

(a)尺寸图 (b)试样成品

图3 圆环尺寸及试样图

* 1. 试样加工精度

试样加工精度要求如下：

1. 圆环试样的外圆直径*d*1的尺寸公差±0.10mm；
2. 圆环试样的内圆直径*d*2的尺寸公差±0.08mm；
3. 圆环试样厚度*t*的尺寸公差±0.07mm；
4. 圆环厚度方向两个端面平面度公差≤0.03mm；
5. 圆环试样的外圆圆柱度公差±0.03mm；
6. 圆环试样的内圆圆柱度公差±0.02mm；
7. 同轴度公差≤0.12mm；
8. 试样表面粗糙度Ra≤3.2μm。

注：(a)~(c) 约为GB/T 1800.1 IT10级；(d)~(g) 约为GB/T 1184 10级。

* 1. 外观

样品的外观棱角完整，应无可见的裂缝、缺口、掉边、凸起、凹坑、空洞等缺陷。

* 1. 试样数量

每组至少5个有效试样。

1. 试验程序
   1. 实验室标准环境条件

将试样放入105℃~110℃鼓风干燥箱内烘干2h，然后贮存于干燥器内冷却至室温备用。

* 1. 试验步骤

试验应按照以下步骤进行。

对试样进行外观检查，对每个试样进行编号。

测量试样的尺寸，测量圆环试样的内外直径、厚度，精确至0.01mm。直径的测量为沿试样径向测3处，3处位置处于对称的平均位置，将测量得3个数据取平均值。厚度的测量为沿试样轴向测3处，3处位置处于对称的平均位置，将测量得3个数据取平均值。并做好记录。

将试样放在试验机的下压头上，试样中心（中心点）与上压头的中心对齐，且使上、下压头轴向皆垂直于试样轴，预压5N，防止试样滚动。

将试验机加载速度调节至0.5mm/min，然后加载至试样断裂，记录载荷-位移曲线，记录最大负荷。

每次试样加载前应对试验机进行零点校正。

1. 结果计算
   1. 抗拉强度计算

记录载荷-位移曲线，记录最大破坏载荷值（单位：N），根据公式（1）计算抗拉强度（单位：MPa）。

* 1. 有效性判断

试样在加载轴位置沿加载轴方向发生断裂是有效数据，在加载轴以外的位置断裂为无效数据。

1. 试验报告

试验报告一般包括以下内容：

1. 委托单位；
2. 本标准编号；
3. 报告编号；
4. 试验日期；
5. 试样编号、名称及规格；
6. 试验设备型号及校准证书编号；
7. 试验环境温度；
8. 试验时出现的异常情况；
9. 试验结果；
10. 试验、审核人员；
11. 试验日期。

参 考 文 献

[1] GB/T 8170-2008 数值修约规则与极限数值的表示和判定

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_