

团 体 标 准

T/CMIF XXXX—202X

滑动轴承 气体静压轴承用多孔质材料技术规范

Plain bearing-Technical specifications for porous materials for aerostatic bearing

（征求意见稿）

（在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上）

XXXX—XX—XX发布

XXXX—XX—XX实施

中国机械工业联合会 发布

目次

前 言 II

引 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 结构特点 1

 4.1 表面结构 1

 4.2 截面结构 1

5 技术要求 2

 5.1 渗透率 2

 5.2 显气孔率 2

 5.3 肖氏硬度 2

 5.4 体积密度 2

 5.5 抗折强度 2

6 试验方法 2

 6.1 渗透率试验 2

 6.2 显气孔率试验 6

 6.3 肖氏硬度试验 6

 6.4 体积密度试验 6

 6.5 抗折强度试验 6

附录 A（资料性附录）渗透率试验数据 7

参考文献 8

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这些专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件起草单位：浙江长盛滑动轴承股份有限公司、中机生产力促进中心有限公司、湖南大学、中国工程物理研究院机械制造工艺研究所、洛阳轴承研究所有限公司、浙江欧拉动力科技有限公司。

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

引 言

气体静压轴承是以气体作为润滑介质、以静压支承作为承载机制的一种滑动轴承，具有摩擦小、运动精度高、寿命长和环境友好等优点，可应用于超高速旋转机械、高精密气浮转台、线性气浮导轨、超精密加工机床、圆度测试仪、三坐标测量仪等精密测量装置，以及各类光学仪器和高端医疗设备。

多孔质气体静压轴承以金属材料为轴承壳体，在壳体上粘接烧结成型后的多孔质材料。在轴承运行时多孔质材料表面会产生均匀的压力分布，与小孔节流相比，压力场分布更加均匀，因而具有承载大、刚度高、结构简单、稳定性和阻尼特性好等优点。

多孔质气体静压轴承的承载力、刚度、阻尼、回转精度等特性直接取决于多孔质材料的渗透性能，多孔质材料内部的孔隙特征直接决定了多孔质材料的渗透性能，而本文件规定的多孔质材料的渗透率、显气孔率、平均粒度、体积密度和抗折强度等技术要求直接影响多孔质材料的渗透性能，其标准化对确保多孔质气体静压轴承产品制造水平和保证产品性能起着十分重要的作用。

滑动轴承 气体静压轴承用多孔质材料技术规范

1 范围

本文件描述了气体静压轴承用多孔质石墨材料的结构特点，规定了技术要求及试验方法。

本文件适用于气体静压轴承用多孔质石墨材料的渗透率、显气孔率、肖氏硬度、体积密度、抗折强度的测试。

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 2889.1 滑动轴承 术语、定义、分类和符号 第1部分：结构、轴承材料及其性能

GB/T 3074.1 炭素材料抗折强度测定方法

GB/T 8718 炭素材料术语

GB/T 24528 炭素材料体积密度测定方法

GB/T 24529 炭素材料显气孔率的测定方法

GB/T 39535 炭素材料肖氏硬度测定方法

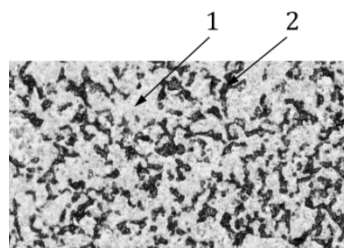
3 术语和定义

GB/T 2889.1、GB/T 8718界定的术语和定义适用于本文件。

4 结构特点

4.1 表面结构

多孔质材料由平均粒度小于 10 μm 的石墨原材料经等静压技术压制而成，压制后产生微孔。表面结构见图 1。



标引序号说明：

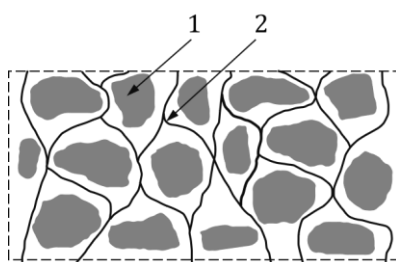
1——石墨基体；

2——微孔

图1 表面结构示意图

4.2 截面结构

多孔质材料截面具有多条曲折的流道，图 1 中的微孔相互交错组成了这些流道，气体应经过流道才能到达轴承表面。截面结构见图 2。



标引序号说明：

1——石墨固体；

2——流道

图2 截面结构示意图

5 技术要求

5.1 渗透率

渗透率要求见表1。

5.2 显气孔率

显气孔率要求见表1。

5.3 肖氏硬度

肖氏硬度要求见表1。

5.4 体积密度

体积密度要求见表1。

5.5 抗折强度

抗折强度要求见表1。

表1 多孔质材料的技术要求

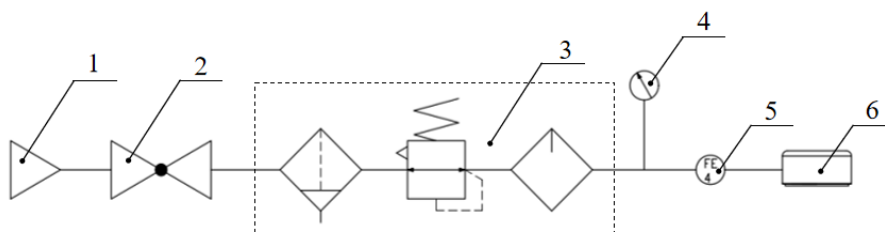
渗透率 m^2	显气孔率 %	肖氏硬度 HS	体积密度/ g/cm^3	抗折强度 MPa
$10^{-16} \sim 10^{-14}$	5~25	≥ 50	1.70~1.85	≥ 40

6 试验方法

6.1 渗透率试验

6.1.1 试验原理

在一定压差作用下，让气体经气管流入轴承内部，并以层流状态通过多孔质材料后流出，并对管道内的气体流量进行测定。试验示意图见图 3。



标引序号说明：

1——供气装置；2——球阀；3——气动三联件，或精密调压阀；4——气压计；5——气体流量计；6——待测轴承

图3 渗透率试验示意图

6.1.2 试验装置及量具

试验装置及量具要求如下。

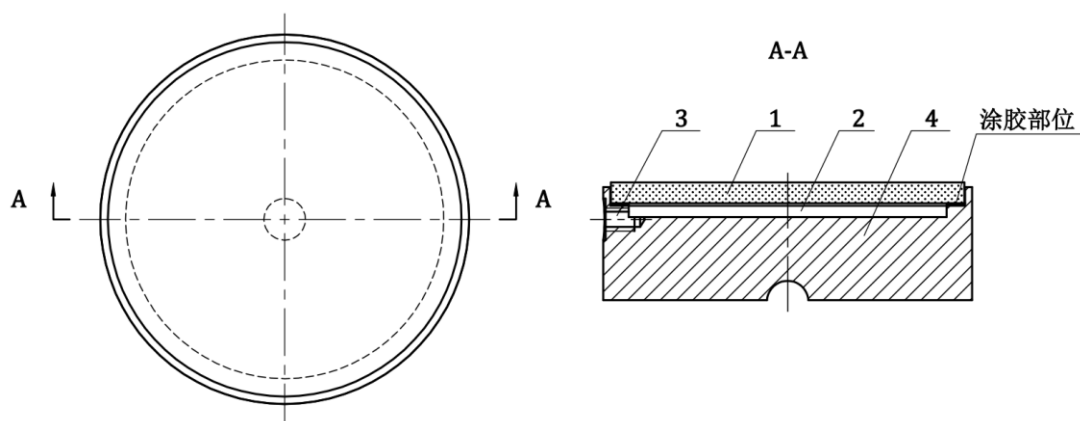
- 供气装置，包括无油静音空气压缩机、干燥过滤装置、储气罐等，通过气动三联件或精密调压阀精准调控压力，供气压力范围 0-0.8 MPa。
- 压力表示值相对误差不应大于 $\pm 2\%$ 。
- 气体质量流量计示值相对误差不应大于 $\pm 1\%$ 。
- 测量试样尺寸的量具精度应达到 0.01 mm，误差不应大于 ± 0.03 mm。
- 称量试样所用的分析天平精度应达到 0.01 g，误差不应大于 ± 0.02 g。

6.1.3 试样及试样工装

6.1.3.1 试样制备要求如下。

- 试样采用多孔质石墨材料，表面应平整，无裂纹、分层、明显杂质和加工损伤等缺陷。
- 平面式推力气体静压轴承应采用圆柱形试样，推荐试样尺寸 $\phi 40$ mm $\times$ 4 mm。轴套式径向气体静压轴承应采用管状试样，推荐试样尺寸 $\phi 40$ mm $\times$ $\phi 34$ mm $\times$ 30 mm。试样尺寸公差应符合 IT8 要求。
- 试样的试验通气方向应与气体静压轴承成品使用时介质渗透表面的法向一致。
- 试样取样后应进行预清洁处理，一般采用超声波或空气清洗。

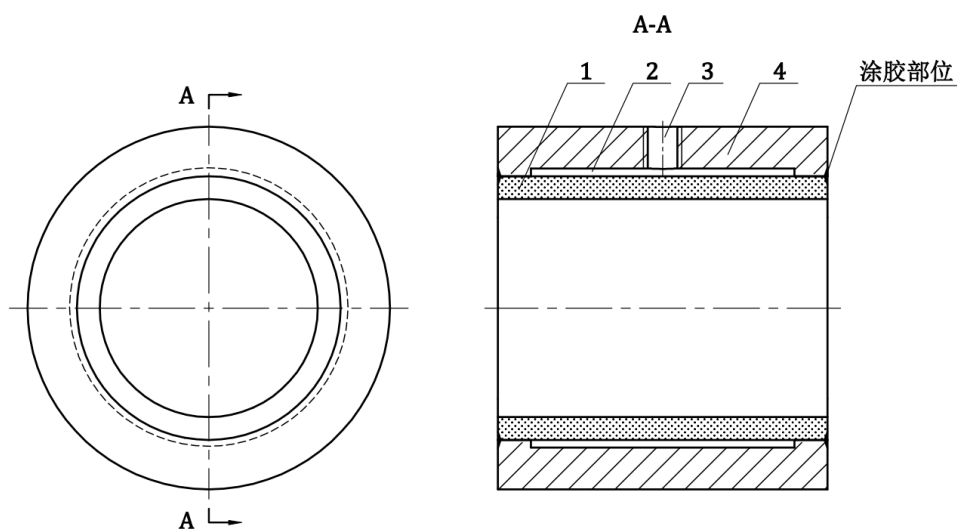
6.1.3.2 试验开始前应进行试样工装安装。平面式推力气体静压轴承应在轴承壳体的外圈台阶位置涂抹胶水，并将试样粘接固定于其上，直至胶水完全固化。轴套式径向气体静压轴承将轴承壳体与试样采用过盈配合固定，并在轴承壳体端面上涂胶进行密封。试验工装见图 4 和图 5。



标引序号说明：

1——试样；2——气室；3——供气孔；4——轴承壳体

图4 圆柱形试样工装



标引序号说明：

1——试样；2——气室；3——供气孔；4——轴承壳体

图5 管状试样工装

6.1.4 试验程序

渗透率试验程序如下。

- 试验应在环境温度 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 范围内进行，应确保试验过程中无粉尘及无腐蚀性气体。
- 试验开始前，试样在 70°C 干燥箱中烘干，冷却至室温后间隔 1h 的两次连续称量之差应小于 0.1%。
- 按 6.1.3 规定安装试样工装，将待测轴承接入管路，打开气源进行压力值及流量计置零。
- 打开调压阀逐步供气，至压力表的示数稳定在某个气压值。按步进增压或减压的方式，每增加或递减一次固定的压差，相应地读取气体质量流量计的流量值。试验压力为 $0.2\text{ MPa}\sim 0.5\text{ MPa}$ 。
- 同一试样至少读取 3 组不同压差的流量值。

6.1.5 试验数据处理

6.1.5.1 渗透率结果采用 3 个及以上试样的平均值，结果保留两位小数。

6.1.5.2 试样在 3 组不同压差的渗透率之差大于平均渗透率值 10%时，试验数据无效。

6.1.5.3 圆柱形试样用公式（1）计算试样的渗透率^{错误!未找到引用源。}。用公式（2）计算管道内气体的密度。

$$k = 2 \times \frac{\mu r_s}{A} \times \frac{Q \rho R_a T}{(P_s^2 - P_a^2)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\rho = \frac{P_1 + P_2}{2 R_a T} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

μ ——试验温度下气体的运动粘度，25℃时 $\mu=18.5 \times 10^{-5}$ ，Pa·s；

r_s ——多孔质材料的厚度，m；

A ——多孔质材料的横截面积，m²；

Q ——流过的气体体积流量，m³/s；

ρ ——气体的密度，kg/m³；

R_a ——理想气体常数， $R_a=287.14$ ，J/(kg·K)；

T ——试验温度，25℃时 $T=298$ ，K；

P_s ——相对供气压力，Pa；

P_a ——相对大气压力，Pa；

P_1 ——绝对供气压力，Pa；

P_2 ——绝对大气压力，Pa；

k ——多孔质材料的渗透率，m²。

注：J = N×m = (N/m²)×m³ = Pa×m³，即焦耳从单位上看是压强和体积的乘积。

6.1.5.4 管状试样用公式（3）（4）计算试样的壁厚和渗透率。当 $\frac{D-d}{2} \leq 0.1d$ 时，用公式（6）（7）计算试样的壁厚和渗透率。

$$L = \frac{D \times (\ln r)^2}{2(r-1)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$A = \frac{\pi \times D \times L \times \ln r}{r-1} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$r = D/d \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$L = \frac{D-d}{2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$A = \frac{\pi L(D+d)}{2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

L ——管状试样的壁厚，m；

A ——渗透面积，m²；

D ——管状试样的外径，m；

d ——管状试样的内径，m；

6.1.5.5 将记录的气体流量 Q 值与记录的 $(P_s^2 - P_a^2)$ 数值进行线性拟合，线性拟合判定应达到 99.9% 。

6.2 显气孔率试验

试样采用多孔质石墨材料，试验方法按GB/T 24529规定执行。

6.3 肖氏硬度试验

试样采用多孔质石墨材料，试验方法按GB/T 39535规定执行。

6.4 体积密度试验

试样采用多孔质石墨材料，试验方法按GB/T 24528规定执行。

6.5 抗折强度试验

试样采用多孔质石墨材料，试验方法按GB/T 3074.1规定执行。

附 录 A
(资料性附录)
渗透率试验数据

如果试验有要求，还应提供图 A.1 渗透率数据统计计算表。

产品 编号	尺寸, mm	运动 粘度 μ , Pa·s	厚度 r_s , m	横截面 面积 A , m ²	气体体 积流量 Q , m ³ /s	相对供 气压力 P_s , Pa	相对大 气压力 P_a , Pa	理想气 体常数 R_a , J/(kg·K)	试验温 度 T , K	气体密 度 ρ , kg/m ³	渗透率 k , m ²	渗透率 平均值, m ²	备注

测试部门：_____ 编制/测试：_____ 审核：_____ 日期：_____

图A.1 渗透率数据统计计算表

参考文献

- [1] Belforte G, Raparelli T, Viktorov V, et al. Permeability and inertial coefficients of porous media for air bearing feeding systems[J]. 2007.
-