

指南编号/Guideline No.A-03(202601)



A-03

高分子轴承材料

生效日期/Issued date:2026 年 1 月 1 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南（以下简称本指南）规定了拟申请本社认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由本社编写和更新，通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 service@ccs.org.cn。

历史发布版本及发布时间： A-03(201510) 2015 年 10 月 20 日

A-03(202204) 2022 年 04 月 24 日

A-03(202402) 2024 年 02 月 01 日

本版本主要修改内容：

本版本在原版指南的基础上作了如下修订：

a) 根据新生效 IACS UR M85，修改相应内容。

目 录

1 适用范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语及定义	4
4 图纸资料	4
5 技术要求	5
6 型式试验	7
7 单件/单批检验	14
8 其他	15

高分子轴承材料

1 适用范围

本章适用于制造舵杆轴承、舵销轴承、舵轴轴承及艉轴轴承所采用的弹性（如：橡胶、聚氨酯等）及非弹性（如：尼龙、纤维增强酚醛树脂等材料）高分子材料。

本指南涉及的试验方法，如本社规范有明确要求，应首先满足规范的要求。

2 规范性引用文件

- 2.1 《材料与焊接规范》第2篇第2章；
- 2.2 《钢质海船入级规范》第2篇第3章；
- 2.3 《钢质海船入级规范》第3篇第11章；
- 2.4 UR M85 艉轴承用高分子材料型式认可试验。

3 术语及定义

3.1 线膨胀系数：温度每变化1摄氏度，试样长度变化值与其原始长度值之比，单位为 $^{\circ}\text{C}^{-1}$

4 图纸资料

4.1 申请本社进行工厂认可的企业应向其所在地区的本社分支机构提交必要的图纸、技术资料。相关资料应至少包含以下内容。

- (1) 工厂概况：工厂名称、地址、生产历史、生产能力、技术和检验人员、主要产品、隶属关系、产品商标等；
- (2) 产品适用的规范、标准；
- (3) 申请认可产品明细（材料类型，润滑形式，各向同性或各向异性，弹性或非弹性）；
- (4) 产品使用的限制条件；

- (5) 产品规格书、产品说明书、安装手册，包括最大表面压力，最大最小尺寸，适用的轴材料种类、表面粗糙度、硬度，工作间隙、最高工作温度等
- (6) 主要生产设备清单；
- (7) 主要检测设备清单；
- (8) 申请认可产品的简要生产工艺；
- (9) 产品在船舶上应用的业绩（如适用）；
- (10) 质量管理文件；
- (11) 企业注册登记证明；
- (12) 资质证明和/或生产许可证；
- (13) 合格证样本；
- (14) 质量控制计划，如适用。

4.2 除 4.1 条要求的资料外还应当提交合格供方清单、无石棉声明样本、石棉控制程序、化学品安全技术说明书。其中合格供方清单应包含重要生产用原材料。

5 技术要求

轴承材料的物理性能应符合如下要求：

5.1 压缩强度与压缩弹性模量（仅对非弹性材料）

5.1.1 对各向同性材料，压缩强度 $\geq 85 \text{ N/mm}^2$ ，压缩弹性模量 $\geq 850 \text{ N/mm}^2$ 。

5.1.2 对各项异性材料：

- (1) 平行于板材平面的试样，压缩强度 $\geq 85 \text{ N/mm}^2$ ，压缩弹性模量 $\geq 850 \text{ N/mm}^2$ ；

(2) 垂直于板材平面的试样, 压缩强度 $\geq 100 \text{ N/mm}^2$, 压缩弹性模量 $\geq 1000 \text{ N/mm}^2$ 。

5.2 抗拉强度及伸长率 (仅对弹性材料) 5.2.1 对橡胶轴承, 抗拉强度 $\geq 10 \text{ N/mm}^2$, 伸长率 $\geq 150\%$ 。

5.2.2 其他轴承, 抗拉强度 $\geq 30 \text{ N/mm}^2$, 伸长率 $\geq 60\%$ 。

5.3 水中体积膨胀率 (仅适用于水润滑轴承) $\leq 3\%$ 。

5.4 油中体积膨胀率 (仅适用于油润滑轴承) $\leq 3\%$ 。

5.5 耐海水性 (仅适用于水润滑轴承)

5.5.1 对于非弹性材料, 水中浸泡后压缩强度及压缩弹性模量的试验结果不得小于未浸水条件下最小规定值的 80%。

5.5.2 对于弹性材料, 水中浸泡后拉伸强度及伸长率的试验结果不得小于未浸水条件下最小规定值的 80%。

5.6 耐温性

5.6.1 对非弹性材料, 高温条件下压缩强度及压缩弹性模量的试验结果不得小于室温 ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) 条件下最小规定值的 80%。

5.6.2 对弹性材料, 高温条件下抗拉强度及伸长率的试验结果不得小于室温 ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) 条件下最小规定值的 80%。

5.7 附着力 (仅适用于与金属附着组成构件的弹性材料) 应符合制造厂的要求。

5.8 老化试验 (仅适用于弹性材料) 试验结果不得小于老化前最小规定值的 75%。

5.9 线性热膨胀系数应符合制造厂的要求。

5.10 硬度应符合制造厂的要求。

5.11 冲击强度 (仅适用非弹性材料) 应符合制造厂的要求。

5.12 密度应符合制造厂的要求。

5.13 摩擦磨损特性应符合制造厂的要求。

6 型式试验

6.1 型式试验大纲

6.1.1 型式试验大纲可以由申请方提出，经本社批准；也可以由本社提出，经申请方确认。

6.1.2 如申请全部或部分型式试验减免，应提交相关型式试验及产品应用业绩的资料，并经 CCS 批准。

6.1.3 型式试验大纲应包括以下内容：

- (1) 申请认可产品的范围（品种、规格、交货状态等）；
- (2) 型式试验大纲的依据；
- (3) 进行型式试验所选择的典型产品的品种、规格、数量、交货状态等情况；
- (4) 型式试验的项目及各项试验的要求；
- (5) 取样位置、示意图及取样说明；
- (6) 建议的试验机构（应满足 CCS 对试验机构资质的要求）；
- (7) 其他需说明的事项。

6.2 型式试验典型样品选取

6.2.1 进行初次认可和认可变更（增加材料种类）时，应进行型式试验。

6.2.2 对同一化学成分、同一增强材料（仅适用于复合材料）、同一制造工艺制造的材料，应选择三个典型尺寸的产品作为认可典型件。

6.2.3 对于摩擦磨损试验可选择一个典型产品。

6.3 型式试验项目及要求

6.3.1 5.1~5.8 项试验应符合表 6.3 (1) 和表 6.3 (2) 的要求

非弹性轴承材料

表 6.3 (1)

试验项目	试验标准	试样数量	试验条件
压缩强度	ISO 604:2002 (GB/T 1041-2008) ASTM D695-2015	各向同性材料: 至少 5 个 各向异性材料至少 10 个: 平行于板材平面的试样至少 5 个; 垂直于板材平面的试样至少 5 个	
压缩弹性模量	ISO 604:2002 (GB/T 1041-2008) ASTM D695-2015	各向同性材料: 至少 5 个 各向异性材料至少 10 个: 平行于板材平面的试样至少 5 个; 垂直于板材平面的试样至少 5 个	
水中体积膨胀率 (仅适用于水润滑)	ISO 175:2010	每个介质温度 3 个	1、浸泡时间: 4 周 2、试验介质: ASTM D1141 3、介质温度: 20±2℃ 和最大试验温度 (60±2℃ 或者最大工作温度, 取高者) 4、试样尺寸: 50×50×t mm(t 最小 4mm 或者申请认可产品最小厚度) 5、试样从浸泡介质中取出后立即进行测量。
油中体积膨胀率 (仅适用于油润滑)	ISO 175:2010	3 个	1、浸泡时间: 4 周 2、试验介质: ISO1817:2022 No.3 3、介质温度: 20±2℃ 4、试样尺寸: 50×50×t mm(t 最小 4mm 或者申请认可产品最小厚度) 5、试样从浸泡介质中取出后立即进行测量。
水中浸泡后压缩强度及压缩弹性模量的变化 (仅适用于水润滑)	ISO 604:2002 (GB/T 1041-2008) ASTM D695-2015	各向同性材料: 至少 5 个 各向异性材料至少 10 个: 平行于板材平面的试样至少 5 个; 垂直于板材平面的试样至少 5 个	1、浸泡时间: 4 周 2、试验介质: ASTM D1141 3、介质温度: 20±2℃ 4、浸泡结束后进行压缩试验
高温条件下压缩强度及压缩弹性模量的变化	ISO 604:2002 (GB/T 1041-2008) ASTM D695-2015	各向同性材料: 至少 5 个 各向异性材料至少 10 个: 平行于板材平面的试样至少 5 个; 垂直于板材平面的试样至少 5 个	试验温度: 60±2℃ 或者最大工作温度, 取高者

注: 1、可以选择适用于轴承材料的其他公认标准进行相关试验。

2、试样数量为取自每一典型产品用于相关试验的试样数量。

弹性轴承材料

表 6.3 (2)

试验项目	试验标准	试样数量	试验条件
抗拉强度	ISO 37:2017 ASTM D412-16(2021) 方法 A ASTM D638-22	3 个	
伸长率	ISO 37:2017 ASTM D412-16(2021) 方法 A ASTM D638-22	3 个	
硬度	ISO 48-4:2018 ASTM D2240-15(2021)	3 个	
水中体积膨胀率 (仅适用于水润滑)	ISO 1817:2022	每个介质温度 3 个	1、浸泡时间: 4 周 2、试验介质: ASTM D1141 3、介质温度: 20±2℃和最大试验温度 (60±2℃或者最大工作温度, 取高者) 4、试样尺寸: 50×50×t mm(t 最小 4mm 或者申请认可产品最小厚度) 5、试样从浸泡介质中取出后立即进行测量。
油中体积膨胀率 (仅适用于油润滑)	ISO 1817:2022	3 个	1、浸泡时间: 4 周 2、试验介质: ISO1817:2022 No.3 3、介质温度: 20±2℃ 4、试样尺寸: 50×50×t mm(t 最小 4mm 或者申请认可产品最小厚度) 5、试样从浸泡介质中取出后立即进行测量。
水中浸泡后抗拉强度及伸长率的变化 (仅适用于水润滑)	ISO 37:2017 ASTM D412-16(2021) 方法 A ASTM D638-22	3 个	1、浸泡时间: 4 周 2、试验介质: ASTM D1141 3、介质温度: 20±2℃ 4、浸泡结束后进行拉伸试验
高温条件下抗拉强度及伸长率的变化	ISO 37:2017 ASTM D412-16(2021) 方法 A ASTM D638-22	3	试验温度: 60±2℃或者最大工作温度, 取高者
附着力试验 (适用于与金属附着组成构件的材料)	ISO 813:2019 ISO 1827:2022	3	
老化试验	ISO 37:2017 ASTM D412-16(2021) 方法 A ASTM D638-22	3	1、老化温度: 60±2℃或者最大工作温度, 取高者 2、老化时间: 96 小时 3、试样取出后 20 小时, 不超过 48 小时进行拉伸试验

注: 1、可以选择适用于合成材料的其他公认标准进行相关试验。

2、试样数量为取自每一典型产品用于相关试验的试样数量。

6.3.2 线膨胀系数

(1) 试样长度应该 50mm~125mm 之间, 试样截面应为圆、正方形或矩形, 应能够使样品很容易地放入膨胀计内, 而不应有过多的摩擦。横截面积应该足够大以能够保证样品不弯曲扭转。试样的截面一般为: 12.5mm×6.3mm, 12.5mm×3mm, 直径 12.5mm 或 6.3mm。在试样两端垂直于试样长轴方向切平整。如果试样在膨胀计中收缩, 则需要平滑的、薄的铁或者铝金属片粘牢试样, 帮助其在膨胀计中定位。该金属片厚度在 0.3mm~0.5mm 之间。

(2) 试验要求

- ① 用卡尺测量两个状态调节后的试样, 精确到 0.02mm。
- ② 将铁片粘在试样底端, 以防止收缩, 并重新测量试样的长度。
- ③ 每个试样均使用同一个膨胀计, 小心放入-30℃的环境中, 如果使用液体浴, 应确保试样高度在液面以下至 50mm。保持液体浴温度在 (-32~-28℃) ±0.2℃ 的恒温浴中, 待试样温度与恒温浴温度平衡, 测量仪读数稳定 5min~10min 后, 记录实测温度和测量仪读数。
- ④ 在不引起震动和晃动的条件下, 小心将石英膨胀计平稳地置于-30℃的恒温浴中, 重复③操作。
- ⑤ 测量试样在室温下的最终长度。
- ⑥ 如果试样每摄氏度的膨胀值与收缩值的绝对值之差超过其平均值的 10%, 应查明原因如果可能予以消除。重新进行试验, 直至符合要求为止。
- ⑦ 试样的平均每摄氏度的线膨胀系数按下式计算

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} \quad ^\circ\text{C}^{-1}$$

式中： α ——线膨胀系数， $^\circ\text{C}^{-1}$ ；

ΔL ——试样膨胀值和收缩值的算术平均值，mm；

L_0 ——试样原始长度，mm；

ΔT ——两个恒温浴温度差的平均值试验结果以一组试样的算术平均值表示。

- (3) 其他要求应符合 GB/T1036 《塑料 -30 $^\circ\text{C}$ ~30 $^\circ\text{C}$ 线膨胀系数的测定 石英膨胀计法》（或者 ASTM D696）

6.3.3 弹性材料的硬度试验应符合表 6.3（2）要求，非弹性材料的硬度试验应符合如下要求：

- (1) 对于纤维增强材料应测量布氏硬度，试样厚度不小于 1.5mm，试样大小应满足任一压点到试样边缘及压点与压点之间的距离均不小于 3mm。硬度大于或等于 60 时，需测试 10 次；硬度大于等于 50 且小于 60 时，需测试 16 次；硬度大于等于 40 且小于 50 时，需测试 22 次；硬度大于等于 30 且小于 40 时，需测试 29 次。最终结果取一组测量数据的算术平均值。试验应在材料的承压面上进行。
- (2) 对于其他材料应测量洛氏硬度，试样厚度不小于 6mm，试样大小应满足任意压点到试样边缘及压点与压点之间的距离均不小于 10mm。每一试样应至少测量 5 次。洛氏硬度值应处于 50~115 之间，超出此范围的值是不准确的，应用邻近的标尺重新测定。试验应在材料的承压面上进行。
- (3) 其他要求应分别符合 GB/T3398.2 《塑料 硬度的测定 第 2 部分：洛氏硬度》（或者 ISO2039.2）和 GB/T3854 《增强塑料巴克尔硬度试验方法》（或者 ASTM D2583）要求。

6.3.4 冲击强度

冲击试验要求应分别符合 GB/T1043.1《塑料 简支梁冲击性能的测定 第1部分 非仪器化冲击试验》(或者 ISO179)和 GB/T7984《纤维增强塑料简支梁式冲击韧性试验方法》。

6.3.5 密度

密度测量应按照 GB/T1033.1《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分 浸渍法、液体比重瓶法和滴定法》(或者 ISO1183.1), GB/T533《硫化橡胶或热塑性橡胶 密度的测定》(或者 ISO2781) 执行。

6.3.6 摩擦、磨损试验

- (1) 在试验过程中测量摩擦系数, 摩擦系数应符合制造厂的要求。
- (2) 对于艉轴承, 应按照 ASTM G77-17 或其他公认标准执行, 并满足如下要求:
 - ① 应明确试验用轴的材料并与适用的艉轴材料等同, 如合金钢、不锈钢、铜合金等;
 - ② 应明确试验轴与轴承的间隙;
 - ③ 试验轴应可以连续转动。采用油润滑或水润滑时, 转速为6m/s。采用润滑脂润滑时, 转速为 3m/s;
 - ④ 润滑介质的温度根据润滑形式选择, 海水为 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 润滑油和润滑脂为 $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$;
 - ⑤ 试验轴表面粗糙度对于不锈钢轴应达到 $Ra=0.8\mu\text{m}$, 对铜合金轴应达到 $Ra=0.5\mu\text{m}$;
 - ⑥ 试验压力应为申请认可产品最大表面压力的 $\pm 10\%$;
 - ⑦ 试验的持续时间应至获得稳定的磨损率为止(至少 192 小时)。轴承的磨损量应连续测量或定期测量。如果采用定期测量, 应当每 48 小时测量一次, 直到达到稳定磨损率(至少测量四次);

- ⑧ 试验报告应记录试样尺寸、磨损量与时间的关系、摩擦系数与时间的关系、试验过程中试样的温度、试验负载与认可产品最大表面压力的偏差。

(3) 对舵轴承，可参照如下要求进行试验。

- ① 摇摆轴直径为 100mm；
- ② 试样应为固定轴承的一部分（详见图 6.3.6（3）），试样应至少覆盖摇摆轴圆周 50° 范围，轴承的长度应为 80-120mm，轴承的直径应比摇摆轴直径大 1mm 或根据制造厂的建议。

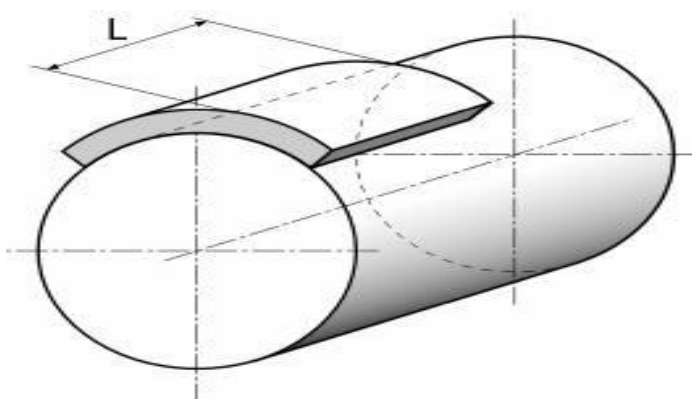


图 6.3.6(3) 试样

- ③ 应采用人造海水润滑。
- ④ 摇摆轴的摆动幅度为 $\pm 15^\circ$
- ⑤ 试验应在申请的表面压力下和两倍申请的表面压力下分别进行
- ⑥ 试验可在干态和人造海水润滑状态下进行
- ⑦ 环境温度为 20°C
- ⑧ 速度为 3.5mm/s
- ⑨ 摇摆轴应在申请的表面压力下连续工作。在试验之前经本社同意并考虑材料 PV 值的限制，高于申请表面压力的试验可以在摇摆轴每次通过轴承中线时停顿最高不超过 10s。

- ⑩ 试验的持续时间应为获得稳定的磨损率为止（在 3.5mm/s 下最少 192 小时）或最大 850 小时（不包括拆卸和停止的时间）。
- ⑪ 摇摆轴应采用不锈钢，表面硬度最大 220HV5，摩擦副表面粗糙度应达到 $Ra=0.8\mu m$ 。
- ⑫ 应当连续或定时对轴承和轴的磨损进行测量。如果定时测量，应当每 48 小时拆卸一次进行测量，直至通过四次测量证明已经达到了稳定的磨损率。
- ⑬ 磨损量与时间和压力的关系、磨损量与试验循环的关系、磨损量与运行距离的关系、摩擦系数（应连续或定时测量，直至在 20℃ 下达到稳定磨损率）与时间和压力的关系应当用图表来表示。
- ⑭ 为了区别热膨胀和测量的磨损量，如有必要应使用热电偶。在确定磨损的数据时应当考虑热膨胀和浸水产生的膨胀。
- ⑮ 申请表面压力不大于 5.5N/mm² 的材料应分别在 20℃ 和 80℃、动态和静态条件下进行所申请的表面压力及两倍所申请的表面压力下的干态摩擦、磨损试验。在试验过程中测量摩擦系数应符合第（1）条要求。
- ⑯ 申请表面压力大于 5.5N/mm² 的材料应在上述⑮条基础上增加湿态的摩擦、磨损试验。在试验过程中测量摩擦系数应符合第（1）条要求。

6.3.7 以上试验可以选择适用于材料的其他公认标准进行。

7 单件/单批检验

7.1 单件单批检验应在生产厂获得本社认可的前提下进行。

7.2 单件单批检验项目

- (1) 压缩应力和压缩弹性模量试验（仅适用于非弹性材料）。应符合 6.3.1 要求。

- (2) 硬度试验。应符合 6.3.3 要求，试验结果应符合制造厂的规定。
- (3) 抗拉强度和伸长率试验（仅适用于弹性材料）。应符合 6.3.2 要求。
- (4) 密度试验。应符合 6.3.5 要求，试验结果应符合制造厂的规定。

8 其他

认可证书至少包含产品明细及 6.3.1、6.3.6 中的材料特性、最大表面压力、最高工作温度。

产品检验合格后应在产品上清晰地标上本社标志。

产品上或者产品包装上应有产品名称、制造厂名称、商标、产品编号、生产日期等。