

# T/GMES

## 甘肃省机械工程学会团体标准

T/GMES 031—2025

### 销/球-盘摩擦磨损试验 第 1 部分：常温试验方法

Friction and wear test of pin/ball on disk  
Part 1: Test method at ambient temperature

2025 - 09 - 02 发布

2025 - 09 - 02 实施



目 次

前言 ..... I

引言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 试验原理 ..... 2

5 试样 ..... 2

6 试验设备及仪器 ..... 2

    6.1 试验条件 ..... 2

    6.2 测力系统 ..... 3

    6.3 试样夹持 ..... 3

    6.4 测速系统 ..... 3

    6.5 测量系统 ..... 3

7 试验参数 ..... 3

    7.1 载荷 ..... 3

    7.2 转速 ..... 3

    7.3 摩擦半径 ..... 3

8 试验方法 ..... 3

9 试验结果处理 ..... 4

10 试验报告 ..... 4



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1 《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。

本文件由兰州中科凯华科技开发有限公司提出。

本文件由甘肃省机械标准化技术委员会归口。

本文件主要起草单位：中国科学院兰州化学物理研究所、兰州中科凯华科技开发有限公司、清华大学、兰州大学、西南交通大学、天津大学、浙江大学宁波理工学院、陕西科技大学、武汉材料保护研究所有限公司、西北工业大学。

本文件主要起草人：樊恒中、张永胜、王振军、苏云峰、解国新、乔旦、张强强、宋俊杰、樊小强、隋天一、陆俊杰、何乃如、陈同舟、王龙、曹文辉、高青娟。

本文件为首次制定。

## 引 言

摩擦磨损性能是材料及润滑介质在实际应用中至关重要的性能指标，直接影响机械零部件的使用寿命、运行效率和可靠性。在工业生产、航空航天、汽车制造等众多领域，对金属、无机非金属、高分子、复合材料等各类材料以及润滑剂的摩擦磨损特性进行准确评估，是材料选型、产品设计和性能优化的重要依据。

销/球-盘摩擦磨损试验作为一种经典的摩擦学测试方法，因其操作简便、参数可控性强、试验结果重复性好等特点，被广泛应用于材料摩擦磨损性能的研究与评价。通过模拟材料在相对滑动条件下的摩擦磨损过程，可有效获取摩擦系数、磨损量等关键参数，为材料的研发、改进及应用提供科学的数据支持。

然而，目前国内针对销/球-盘摩擦磨损试验的常温测试方法缺乏统一、规范的标准，导致不同实验室、不同设备所得到的试验结果往往存在较大差异，难以进行有效对比和参考，在一定程度上制约了相关领域的技术交流与发展。

鉴于此，为规范销/球-盘摩擦磨损常温试验的操作流程，保证试验结果的准确性、可靠性和可比性，特制定本文件。本文件规定了室温条件下销/球-盘摩擦磨损试验的术语和定义、试验原理、试样要求、试验设备及仪器、试验参数、试验方法、试验结果处理和试验报告等内容，旨在为相关行业和领域的材料摩擦磨损性能测试提供统一的技术指导和依据。

本文件的制定，不仅有助于提升我国材料摩擦磨损测试的标准化水平，还能促进材料科学与工程领域的技术进步，为高性能材料的研发和应用奠定坚实的基础。

# 销/球-盘摩擦磨损试验

## 第1部分：常温试验方法

### 1 范围

本文件规定了金属、无机非金属、高分子、复合材料等材料以及润滑剂在室温条件下，销/球-盘摩擦磨损试验的术语和定义、试验原理、试样、试验设备及仪器、试验参数、试验方法、试验结果处理、试验报告。

本文件适用于金属、无机非金属、高分子、复合材料等材料以及润滑剂在室温条件下，销/球-盘摩擦条件下摩擦系数及磨损量的测定。

### 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 8170 数值修约规则

GB/T 12444 金属材料 磨损试验方法 试环-试块滑动磨损试验

GB/T 16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分：拉力和（或）压力试验机测力系统的检验与校准

GB/T 17754 摩擦学术语

GB/T 19067.1 产品几何量技术规范（GPS）表面结构 轮廓法 测量标准 第1部分：实物测量标准

JJG 1134 转速测量仪

JJG 1305 线位移传感器校准规范

### 3 术语和定义

GB/T 12444 和GB/T 17754 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**磨痕宽度** disk scar width

在旋转摩擦磨损试验时，试样的表面经摩擦磨损后在摩擦面留下的损伤痕迹的断面宽度，单位为毫米（mm）。销/球-盘磨痕示意图见图1。

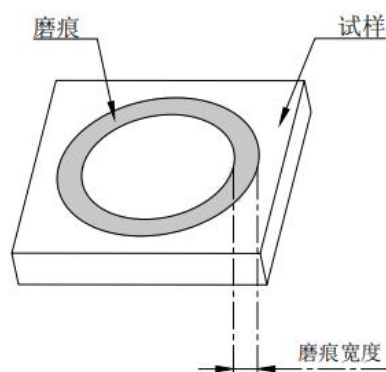


图1 销/球-盘磨痕示意图

#### 4 试验原理

销/球-盘旋转摩擦磨损试验一般选择球或销与盘（面）组成摩擦副，用于检测销/球与盘（面）材料、涂层在一定试验条件下的相对磨损程度、摩擦系数。通常为上销/球、下盘（面）的安装方式，销/球试样一般选择直径3mm~6mm，面为一定粗糙度的平整试样，可为方形、圆形以及其他不规则几何形状，有一平面用于摩擦试验。销/球上试样通过球夹具/夹具固定安装在加载装置上，盘（面）试样用样品夹具平整安装在旋转运动样品台上，摩擦半径可根据盘（面）试样尺寸选择合适的，一般半径为2mm~10mm，测试时，销/球与盘（面）接触后，加载机构施加一定载荷，驱动电机带动旋转运动台及下试样进行旋转滑动，其摩擦轨迹为一个圆，并在同一轨迹上循环多次磨损，试验原理示意图见图2。在试验过程中实时测量法向载荷和摩擦力，计算摩擦系数，并以曲线形式实时显示。按照设定的转速和时间摩擦试验后，用接触式探针测量磨痕某一横截面曲线，并通过相关公式计算截面面积，得出磨痕的体积磨损量。

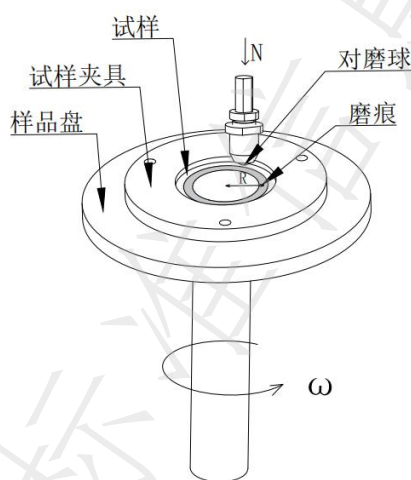


图2 试验原理示意图

注： $\omega$ —旋转速度  $R$ —摩擦半径  $N$ —荷载于球夹具及球上的法向力

#### 5 试样

- 5.1 根据测试要求，选择合适的材料制备设备和工艺，确保试样性能稳定、可靠。
- 5.2 对试样表面凸起、变形、翘曲等缺陷进行筛分等处理，表面粗糙度不超过 $1\mu\text{m}$ 。
- 5.3 试样对角线（直径）长在20mm~50mm之间，厚度在2mm~10mm之间。以保证制备出的下试样在试验过程中施加应力时，不能出现破坏或过度弯曲。
- 5.4 球直径宜在3mm~6mm之间，材质可选用轴承钢，精度不低于G10，也可用陶瓷球，精度不低于G5。超出3mm~6mm范围，可参照执行。
- 5.5 销直径宜在3mm~6mm之间，材质可根据试验需求选择，摩擦面表面粗糙度不超过 $0.8\mu\text{m}$ ，倒角0.5mm。超出3mm~6mm范围，可参照执行。

#### 6 试验设备及仪器

##### 6.1 试验条件

- 6.1.1 试验应在 $10^{\circ}\text{C}$ ~ $35^{\circ}\text{C}$ 范围内进行，对温度要求较严格的试验，应控制在 $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 之内。
- 6.1.2 试验环境的相对湿度通常控制在40%~60%之间，以确保在试验过程中，防止样品表面形成水膜或引起静电等问题。对于敏感性材料，湿度应控制在 $40\%\pm 5\%$ 范围内，或其他较窄范围内。
- 6.1.3 试验环境应无振动、无强电磁干扰、无腐蚀性气体和无粉尘。

## 6.2 测力系统

6.2.1 试验机的测力系统应按照GB/T 16825.1进行校准，其准确度等级为1级。

6.2.2 销盘式摩擦试验机应配有加载法向力和摩擦力测定系统，以确定摩擦系数。

6.2.3 加载法向力校准示值相对误差不超过 $\pm 0.5\%F.S$ ，示值重复性不超过1%。

6.2.4 摩擦力校准示值相对误差不超过 $\pm 1\%F.S$ ，示值重复性不超过1%。

## 6.3 试样夹持

6.3.1 对磨球安装于球夹具中，球夹具固定杆将对磨球顶出1/3，用于摩擦接触，且保证在摩擦过程中，球体不可滚动。销试样安装于上试样夹具中，销/球在接触时垂直于试样表面，角度相对误差不超过 $\pm 1^\circ$ ，以确保必要的接触条件。

6.3.2 下试样用样品夹具固定于样品台上，试样保持垂直于主轴轴线，角度相对误差不超过 $\pm 1^\circ$ 。

6.3.3 固定销试样/球夹具的加载装置应位于摩擦接触面上，加载装置具有自动调节功能，以减小由滑动摩擦引起的额外载荷。试样夹持必须是稳定、牢固，以避免试样在试验过程中的松动。

## 6.4 测速系统

6.4.1 试验机的测速系统应按照JJG 1134进行校准，其准确度等级为0.002级。

6.4.2 主轴转动在有负载的情况下能够保持恒速，转速误差不超过 $\pm 1\%F.S$ ，转速测量范围在10 r/min~1000 r/min之间，应配备转数计数器以便于记录。

## 6.5 测量系统

6.5.1 试验机的表面轮廓测量系统应按照JJG 1305进行校准，其准确度等级为0.02级。

6.5.2 测量示值相对误差不超过 $\pm 0.5\%F.S$ ，示值重复性不超过1%。

## 7 试验参数

### 7.1 载荷

摩擦磨损接触处法向力值。

### 7.2 转速

接触面之间的相对滑动速度，以 rpm/min 为单位。

### 7.3 摩擦半径

接触面之间滑动，其滑动位置距离中心点的长度。

## 8 试验方法

8.1 在试验前，试样应清洗与干燥。使用不含氯和非成膜清洗剂或溶剂清除试样表面污垢和异物，随后干燥以清除所有可能残留的清洗剂。

8.2 将球安装入球夹具中，并将销/球夹具固定于加载装置上。试样放置于样品台，用样品夹具固定。确定销/球与样品表面的距离为2mm~3mm，并保证试验过程中，销/球夹具运行轨迹无触碰样品夹具。

8.5 试验转速、时间、载荷应根据材料及工艺需要确定。将载荷、摩擦力传感器零点调节至 $0 \pm 0.001$ 。

8.6 启动试验机，先平稳加载至设定载荷值，再启动驱动电机进行摩擦试验。

8.7 试样在启动驱动电机时开始试验，当达到所要求的试验时间时，试验停止，试验不能被中断或重新启动。

8.8 试验过程中实时显示曲线，并根据要求记录时间、摩擦力、摩擦系数。

8.9 清除磨痕周围的磨损碎屑，安装磨损量测试组件，并将测量触针移动至磨痕右侧，启动磨损量测试，设备自动运行并扫描出磨痕横截面曲线。

注：磨损量测试需在同一磨痕均匀选择不同的三处进行测量，并按照三次测量平均值计算。

8.10 根据需要，在试验过程中记录磨痕曲线值。

8.11 取出试样，观察磨痕。

## 9 试验结果处理

### 9.1 摩擦系数

用公式（1）计算摩擦系数：

$$\mu = \frac{F}{N} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\mu$ ——摩擦系数；

$F$ ——摩擦力，单位为牛顿（N）；

$N$ ——加载试验力（法向力），单位为牛顿（N）。

### 9.2 体积磨损量

磨损量测量采用表面轮廓仪（二维或三维），并按公式（2）计算磨损量。若采用二维轮廓仪，按标准 GB/T 19067 规定，则同一磨痕选择 3 处具有代表性的位置分别测量后，取 3 次平均值作为一个试验数据。将磨痕横截面进行积分可得到磨痕截面积，磨痕截面积乘以磨痕长度可得到体积磨损量。

9.3 磨痕横截面示意图见图 3，用公式（2）（牛顿-莱布尼茨公式）计算磨痕横截面面积：

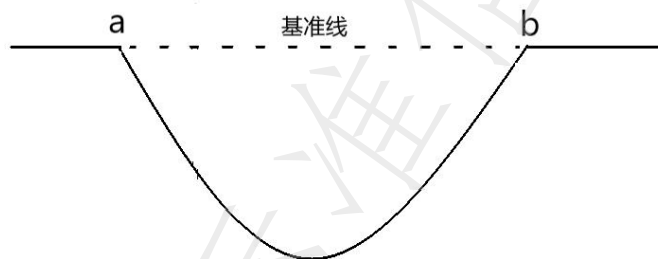


图 3 磨痕横截面示意图

$$S_{\text{截}} = \int_a^b f(x) dx \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$S_{\text{截}}$  ——磨痕横截面面积，单位平方毫米（mm<sup>2</sup>）；

$f(x)$  ——为横截面曲线某点对应的  $y$  值，单位 mm；

$dx$  ——为某一小段的宽度，单位 mm；

$a$  ——磨痕横截面的前沿；

$b$  ——磨痕横截面的后沿。

9.4 用公式（3）计算体积磨损量：

$$V = S_{\text{截}} \times L \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$V$  ——旋转磨痕体积磨损量，单位立方毫米（mm<sup>3</sup>）；

$S_{\text{截}}$  ——磨痕横截面面积，单位平方毫米（mm<sup>2</sup>）；

$L$  ——旋转磨痕周长，单位 mm。

9.5 试验结果数值至少保留两位有效数字，修约方法按 GB/T 8170 执行。

## 10 试验报告

试验完成后形成试验报告，试验报告应包含以下内容：

a) 试验机型号；

b) 标准编号；

c) 试验形式、材料种类、处理工艺；

- d) 实验的载荷、转速、旋转半径及时间;
  - e) 摩擦系数曲线的数据图;
  - f) 磨痕曲线的数据图;
  - g) 磨痕体积磨损量;
  - h) 环境温度和湿度。
-