

T/CSAE xx—20xx

ICS 75.100  
CCS E34

# 团 标 准

T/CSAE xx—20xx

## 混动汽车发动机油摩擦磨损性能的评定

### SRV 试验机法

Standard Test Method for determining friction and wear properties of lubricating oils  
in hybrid vehicle engine using SRV test machine

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。

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国汽车工程学会 发布

# 目 次

前言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
3.1 调制油 .....	1
3.2 共形接触 .....	1
3.3 样件 .....	1
3.4 水 .....	1
3.5 燃油 .....	1
4 试剂 .....	1
4.1 清洗溶剂 .....	1
4.2 调制油 .....	2
5 仪器 .....	2
5.1 测试装置说明 .....	2
5.2 样件准备 .....	3
6 试验步骤 .....	4
6.1 开机 .....	4
6.2 测量环和缸套 .....	4
6.3 安装活塞环和缸套 .....	4
6.4 润滑方法 .....	4
6.5 润滑油加热 .....	5
6.6 参数设定 .....	5
6.7 运行 .....	5
6.8 完成测试 .....	5
6.9 检测和记录 .....	5
7 试验报告 .....	5
7.1 样件信息 .....	5
7.2 调制油信息 .....	5
7.3 测试参数 .....	5
7.4 测试数据 .....	5
7.5 观测记录 .....	6
附录 A (资料性) 调制油调制 .....	7
A.1 实验设备 .....	7
A.2 调配材料 .....	7

A.3 配置步骤.....	7
A.4 说明.....	9
A.5 实验操作安全注意事项.....	9

## 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。

本文件参考GB/T 1.2—2020《标准化工作导则 第2部分：以ISO/IEC标准化文件为基础的标准化文件起草规则》的规定起草。

本标准根据ASTM G181-21和ISO 19291-2016:12重新起草。

为了更适合我国国情，本标准在采用ASTM G181-21时进行修改。本标准与ASTM G181-21的主要技术差异如下：

1. 将部分引用标准修改为我国相应的国家标准。
2. 将部分术语和定义改为我国相应的术语和定义。
3. 增加测试油品调配的操作步骤提出详细方法。
4. 对模拟混动发动机的参数提供指导意见。

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。

本文件由中国汽车工程学会汽车燃料与润滑油分会提出并归口。

本标准起草单位：长城汽车股份有限公司、壳牌（上海）技术有限公司、东风汽车集团有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、上海汽车集团股份有限公司、广州汽车集团股份有限公司、中汽研汽车检验中心（天津）有限公司、雅富顿化工（苏州）有限公司、润英联（上海）添加剂有限公司、道达尔润滑油（中国）有限公司、中国石油天然气股份有限公司兰州润滑油研究开发中心。

本文件主要起草人：赵艳闯、刘秀军、王娅品、徐正昕、胡华、焦燕、周珂、胡云昊、祝洪宇、迟涵文、贾旭岩、王银辉、高思远、张添勇、范闯、李小刚。

# 混动汽车发动机油摩擦磨损性能的评定 SRV 试验机法

## 1 范围

本文件规定了使用SRV试验机评价混动汽车润滑油摩擦磨损的评定方法。

本测试方法适用于评估润滑油在发动机活塞环和气缸套材料、涂层及表面处理，以及调制特定测试用油下的摩擦磨损性能。

## 2 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 17930—2016 车用汽油

GB/T 6682—2008 分析实验室用水规格和试验方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 调制油

一种参入特定比例燃油和水并通过特定方式混匀的润滑油。

### 3.2 共形接触

在摩擦磨损测试中，一个接触面的表面曲率发生变化以适应另一个表面的形状。

### 3.3 样件

摩擦表面所在的零件，本方法采用的样件包括缸套试样和活塞环试样。

### 3.4 水

符合GB/T 6682—2008规格要求的分析实验室用水。

### 3.5 燃油

符合GB 17930—2016中规格的车用汽油或其他车用燃料。

## 4 试剂

### 4.1 清洗溶剂

在进行所述程序之前，可使用适当的溶剂对样件进行脱脂和清洁。这些溶剂不应对测试表面造成化学侵蚀，也不应在清洁后留下残留膜或污渍。

## 4.2 调制油

润滑油中按照特定比例参杂入水和燃油。配置方法见附录A。

## 5 仪器

### 5.1 测试装置说明

#### 5.1.1 测试设备

本标准推荐使用的试验机为SRV5型高频线性振动试验机。

#### 5.1.2 接触面

图1显示了往复接触的几何示意图。图中显示了该测试的两个接触版本。在第一种情况下（图1，左下方），下部样件与环段的形状一致，为共形接触。在第二种情况下（图1，右下方），环段在平整的下部样件上滑动，为非共形接触。本方法推荐采用共形接触。

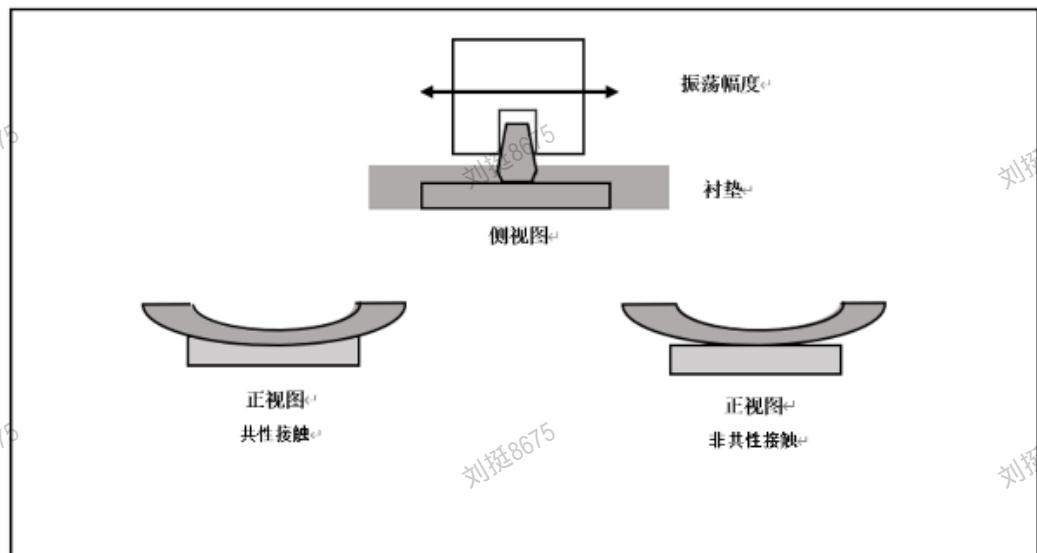


图1 接触示意图

#### 5.1.3 油液供给

油液采用包括蠕动泵、输送管路在内的供给系统，将调制油定速定量滴落到润滑表面。

#### 5.1.4 加热和控温

摩擦副的下表面样件采用接触型加热装置对该摩擦副进行温度控制，测试油液采用带有温控装置的蠕动泵，以对送到测试表面的油液进行预加热，从而使摩擦和润滑体系达到稳定的目标测试温度。

#### 5.1.5 运动

试验设备应能给模拟活塞环样件以恒定冲程长度和可重复速度曲线的前后运动（此处称为往复运动），样件在受控法向力作用下在模拟缸套中滑动。电机应具有足够的动力，使速度曲线和运行的恒定性不受样件之间产生的摩擦力的影响。曲柄驱动装置的速度与时间响应近似于正弦曲线，这种类型的运动适合模拟由曲轴驱动的活塞。应以每秒周期为单位选择往复运动的频率，以便在相关发动机中活塞环

减速和反向运动时产生适当的润滑机制。此类滑块曲柄测试设备的典型频率在每秒 5 至 40 个周期之间。每个冲程的平均滑动速度计算如下：

$$s = 2fL \quad (1)$$

式中：

$s$  —— 每个冲程的平均滑动速度

$f$  —— 每秒往复频率

$L$  —— 冲程长度

### 5.1.6 冲程长度选择

冲程长度的设置应不小于2倍的摩擦面厚度。

### 5.1.7 样件固定

活塞环样件应被夹紧在机器的往复部分以确保在滑动过程中正确对准。圆筒孔样件也应安装在合适的加热润滑剂容器中以确保在试验过程中不会发生松动或错位。对于矩形截面的活塞环，可使用合适的平面活塞环夹具。对于非平行的活塞环（例如，横截面呈楔形的活塞环），可从实际活塞上准备一个夹具，或设计一个能牢固夹住活塞环倾斜面的夹具。

### 5.1.8 样件校准

有两种方法可用于确保正确对准：

#### 5.1.8.1 对准

在初始测试设置期间对测试夹具进行机械对准。

#### 5.1.8.1 磨合

使活塞环试样与缸套样件表面磨合。

#### 5.1.8.2 法向力设置

该装置应能对活塞环和缸套施加受控的法向力。负载可以是自重系统、杠杆式装置或液压或电磁致动器。负载系统应具有足够的刚度和阻尼能力以避免在测试过程中产生过大的挠度或振动，并将所需的法向力保持在预设值的 2%以内。

## 5.2 样件准备

### 5.2.1 活塞环试样：

活塞环试样应取自于原产的活塞环，或加工出与原产活塞环尺寸和光洁度相同的样件。活塞环试样可按出厂时的原始加工状态使用，也可对涂层或表面进行一定的处理以模拟特定发动机或特定级别发动机的样件。活塞环试样接触区域的表面粗糙度应以合适的方法处理并将其列入测试记录。所有相关描述（轮廓分析方法类型、表面粗糙度参数和测量条件）都应被报告。

### 5.2.2 缸套试样

用于模拟缸套表面的试样应为原产气缸件的部分，或使用其形状和光洁度与相关发动机的气缸件相似的试样。缸套试样的表面粗糙度必须被测量并列入测试记录。传统方法测量和报告与圆环运动方向

平行的表面粗糙度轮廓需要使用测针式仪器。所有相关描述（剖面测量方法类型、表面粗糙度参数和测量条件）都应被报告。

### 5.2.3 典型样件的加工要求

#### 5.2.3.1 缸套试样尺寸

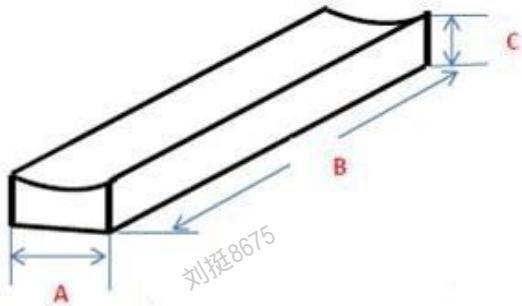


图2 试片形状及尺寸标记

表1 尺寸要求

类型	试片宽度 A mm	试片长度 B mm	试片高度 C mm	缸套表面粗糙度 $\mu m$	缸套外径 mm
典型尺寸	10.05±0.01	30.36±0.01	4.75±0.03	Ra5.4	直径79

#### 5.2.3.2 活塞环试样尺寸

活塞环圆周尺寸与缸套进行配对，按照试验机夹具适用的长度进行裁剪。

### 5.2.4 测试用润滑油制备

润滑油的状态应能代表相关发动机在运行一段时间后的状态。对活塞环和缸套材料进行的实验研究表明，在其他类似的测试条件下，新发动机润滑油所产生的摩擦和磨损测试结果一般不会与使用过的发动机机油所产生的结果相同。详细模拟混动发动机工况下润滑油的调配参见附录A。

## 6 试验步骤

### 6.1 开机

打开测试机器并记录仪器，让电子设备稳定30min。

### 6.2 测量环和缸套

测量活塞环和缸套样件的表面粗糙度，至少应包括平行于往复运动方向的缸套轮廓的算术平均粗糙度。测量活塞环试片和缸套试片的重量，并记录。

### 6.3 安装活塞环和缸套

将活塞环和缸套放置进测试机器并确认是否对齐。

### 6.4 润滑方法

滴入式润滑：按照0.5ml/min的流速将计量好的润滑油周期性滴入触点，抽取润滑油的取液口置于油液底部。

## 6.5 润滑油加热

在实验前确保润滑油和样件保持60℃的测试温度。

## 6.6 参数设定

将速度调整到50HZ往复频率，冲程2mm，试验温度60℃，油品预加热温度40℃，负载144N（对应接触宽度为10mm）。

## 6.7 运行

运行测试1到2小时并监测记录摩擦系数。

## 6.8 完成测试

完成测试以后移除负载，让样件冷却。

## 6.9 检测和记录

取下样件用清洗剂清洗试片并检查接触面。记录活塞环或缸套样件表面损坏情况，如缸套上磨损接触区的尺寸。

## 7 试验报告

试验报告应包含但不限于以下内容

### 7.1 样件信息

#### 7.1.1 材料及表面处理

提供说明测试材料的组成、热处理、表面涂层等

#### 7.1.2 尺寸

报告活塞环和缸套的尺寸，尤其是接触宽度；

#### 7.1.3 表面状态

表面光洁度、环和缸套样件的硬度。

### 7.2 调制油信息

报告测试油品的级别、来源、黏度以及调制油配比和调制方法。

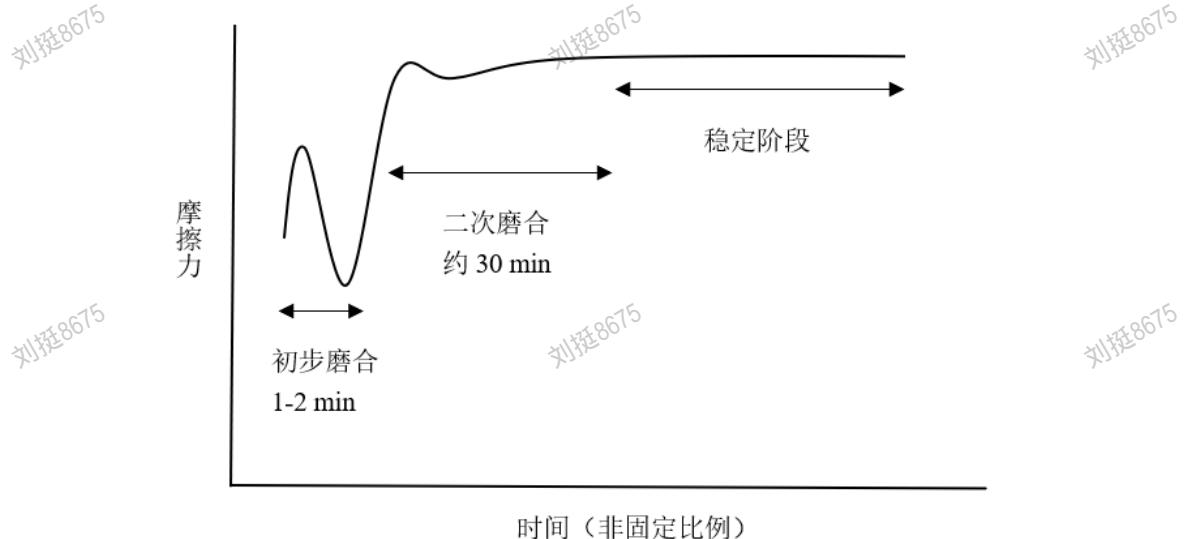
### 7.3 测试参数

报告冲程长度（mm），往复频率（HZ），应用负载（N）以及测试持续时间（h:min:s）。除此之外测试温度及其变化范围应被注明（deg C ± deg C）。

### 7.4 测试数据

报告测试中10min、30min、60min和120min的平均摩擦系数（至少 60s间隔），及缸套磨损深度、缸套失重、活塞环失重。

图3 恒定负载下的典型摩擦系数轨迹



## 7.5 观测记录

报告出现的任何异常声音或振动。报告活塞环和缸套样件在测试和清洁后的外观。观察润滑油的状况，并报告与初始状况相比发生的任何变化。可包括额外的润滑油分析或样件的特征描述，如粗糙度变化、照片等。

## 附录 A

(资料性)  
调制油调制

### A. 1 实验设备

#### A. 1. 1 剪切搅拌器:

实验室用高剪切搅拌器或均质仪，具有适当的混合能力和实时转速显示功能，转速可稳定在  $10000\text{ rpm} \pm 2000\text{ rpm}$ 。

#### A. 1. 2 玻璃容器:

带有刻度的300ml的玻璃烧杯

#### A. 1. 3 称量设备:

分析天平，精度高于0.1g

#### A. 1. 4 恒温仓:

能够将温度控制在20°C至25°C范围内的暖柜或烘箱。

#### A. 1. 5 计时设备:

能够测量72小时的时钟或其他计时器，最小精度为±5分钟。

#### A. 1. 6 加热磁力搅拌器:

带有配套的磁力转子，能够显示实时转速，且具有加热控温功能，最小精度为0.1°C。

### A. 2 调配材料

#### A. 2. 1 水的纯度

除非特殊目的，否则提及的水应符合GB/T 6682—2008中第III类规定的试剂水。

#### A. 2. 2 无铅汽油

除非特殊目的，否则提及的汽油应符合GB17930—2016中标准的汽油。储存超过三个月的燃料应在使用前进行检查，以确保其未变质或被污染。（警告——危险！极度易燃。危害健康。）

#### A. 2. 3 清洁溶剂

推荐使用GB/T686中分析纯丙酮和试剂级异辛烷。

### A. 3 配置步骤

#### A. 3. 1 方案 A——润滑油的水乳化液

##### A. 3. 1. 1 清洗

用异辛烷和丙酮清洗搅拌器和其他玻璃器皿首先，用异辛烷冲洗所有容器的整个内表面三次，然后用丙酮冲洗三次，并彻底干燥。

#### A. 3. 1. 2 称量

在室温下称量285g润滑油和15g纯水，按顺序放入搅拌器适用的容器，应确保样品量足够没过刀片。

#### A. 3. 1. 3 搅拌

将容器装上搅拌器，放置在均质仪的底座上，将盖子盖在搅拌器上，以 $10000\text{ r/min}\pm2000\text{ r/min}$ 的速度搅拌 $60\text{s}\pm1\text{s}$ 。

#### A. 3. 1. 4 静置

待搅拌停止后将已经乳化的样品称量255g倒入玻璃烧杯中进行静置，用锡箔纸做好密封。将容器放入恒温仓。记录样品开始静置的时间，并设定好计时器。

#### A. 3. 1. 5 测试

样品在静置 $72\text{hr}\pm1\text{hr}$ 后取出容器，开始进行SRV测试。

### A. 3. 2 方案 B——被燃油稀释的润滑油水乳化液

#### A. 3. 2. 1 清洗

用异辛烷和丙酮清洗搅拌器和其他玻璃器皿。首先，用异辛烷冲洗所有容器的整个内表面三次，然后用丙酮冲洗三次，并彻底干燥。

#### A. 3. 2. 2 称量

在室温下称量255g润滑油、15g纯水和30g无铅汽油，按顺序快速放入搅拌器适用的容器，应确保样品量足够没过搅拌桨。

#### A. 3. 2. 3 搅拌

将容器装上搅拌器，放置在底座上，将盖子盖在搅拌器上，以 $10000\text{ r/min}\pm2000\text{ r/min}$ 的速度搅拌 $60\text{s}\pm1\text{s}$ 。

#### A. 3. 2. 4 静置

待搅拌停止后将已经乳化的样品称量255g倒入玻璃烧杯中进行静置，用锡箔纸做好密封。将容器放入恒温仓。记录样品开始静置的时间，并设定好计时器。

#### A. 3. 2. 5 测试

样品在静置 $72\text{hr}\pm1\text{hr}$ 后取出容器，开始进行SRV测试。

### A. 3. 3 方案 C——润滑油的水乳化液除水

#### A. 3. 3. 1 配置

乳化液的配置见3. 1方案A操作

#### A. 3. 3. 2 除水

在通风橱中，将放置3天后的乳化液烧杯敞口放置在加热磁力搅拌器上，放入磁力转子，设置加热温度80°C，转速300r/min，搅拌时乳化液表面起轻微漩涡为宜。搅拌8h后取出磁力转子，保证乳化样品中的水分尽量充分挥发。

由于设备区别，建议在第一次操作除水后进行水含量检测，如果水含量在500ppm以上，则延长搅拌时间。

#### A. 3. 3. 3 测试

盖住烧杯，在室温下静置到样品回到室温后开始测试。

### A. 4 说明

本方法就测试油品的配置提供指导，具体方案可根据实际需求进行选用。调制油的配置量300g适用于1hr以内测试，可按照实际测试时间等比例增加。配置量增加的情况下建议再次确认混匀状态，如出现快速水泡析出的情况，则延长搅拌时间。

### A. 5 实验操作安全注意事项

#### A. 5. 1 取放

操作时应轻拿轻放，避免玻璃容器破碎及划伤自己；

#### A. 5. 2 乳化

进行乳化剪切操作时避免接触设备高速转动部位，避免卷入或割伤；

#### A. 5. 3 劳保装备

准备样品时请注意健康风险评定并穿戴好相应劳保装备，建议佩戴但不限于实验服、防渗手套、护目镜、安全鞋等；

#### A. 5. 4 存储

储存时应确保玻璃烧杯密封且稳固的放置并有标识，包括健康风险评定。