

ICS 75.080

CCS E 34

SHI

中华人民共和国石油化工行业标准

NB/SH/T 6079—2023

车用发动机油橡胶相容性测定法

Determination of automotive engine oil compatibility with typical seal elastomers

2023-12-28 发布

2024-06-28 实施

国家能源局 发布

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。

本文件由中国石油化工集团有限公司提出。

本文件由全国石油产品和润滑剂标准化技术委员会石油燃料和润滑剂分技术委员会（SAC/TC280/SC1）归口。

本文件起草单位：中国石油天然气股份有限公司润滑油分公司、北京兴普精细化工技术开发有限公司。

本文件主要起草人：李小刚、苏辉、雷爱莲、吴静、张遂心、丁芳玲、李旭、孙树博、曲悦、杨阳、孙婧玮。

本文件为首次发布。



车用发动机油橡胶相容性测定法

警示：本文件的使用可能涉及某些有危险性的材料、操作和设备，但并未对与此有关的所有安全问题都提出建议。因此，用户在使用本文件之前有责任制定相应的安全和保护措施，并确定相关规章限制的适用性。

1 范围

本文件描述了使用典型密封材料评定车用发动机油与橡胶相容性的试验方法。

本文件适用于评价重型柴油发动机油与五种典型密封材料[丁腈橡胶（NBR）、聚丙烯酸酯橡胶（ACM）、氟橡胶（FKM）、硅橡胶（VMQ）、聚乙烯丙烯酸酯橡胶（MAC）]的相容性能。本文件也适用于评价发动机油与不同的橡胶在不同的试验时间和温度下的相容性能。本文件中规定的几种常用于重型车用柴油发动机（压燃式发动机）的典型密封材料的配方见附录 A；用于乘用车火花点火式发动机的典型密封材料及试验程序见附录 B。

本文件中描述的测试方法也可用于评价车用发动机油与不同密封材料（除本文件所描述的五种典型密封材料外）的相容性能，还可以根据实际需求设定不同于本文件的试验温度和试验时间。

注：使用不同于本文件描述的五种典型密封材料、试验时间及试验温度进行油品与密封材料的相容性试验的精密度和偏差未考察。

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 528—2009 硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定

GB/T 531.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第 1 部分：邵氏硬度计法（邵尔硬度）

GB/T 1690—2010 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法

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

拉伸应力 **tensile stress**

S

试样在拉伸时产生的应力，其值为所施加的力与样品的原始截面积之比。

3.2

拉断伸长率 **elongation at break**

E

在施加持续的拉伸应力时试样发生断裂的伸长率。

3.3

拉伸强度 **tensile strength**

TS

试样拉伸至断裂过程的最大拉伸应力。

4 方法概要

在规定的试验橡胶片上切下规定数量和尺寸的哑铃形试验片、矩形试验片，并将其浸泡在规定温度的试验油中保持一定的时间，测定试验橡胶片浸泡前后的拉伸强度变化率、拉断伸长率的变化率、硬度变化和体积变化率，用橡胶片在试验油中浸泡前后的性能变化来表征其橡胶相容性。

5 仪器和设备

5.1 裁刀和裁片机：可切割符合 GB/T 528—2009 中 1 型试验片的裁刀和裁片机。

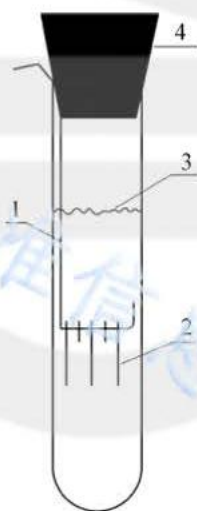
5.2 试验片打孔器：可在试验橡胶片上打出直径为 2.0mm~2.5mm 的圆孔。

5.3 微型厚度计：精度为 0.01mm。

5.4 硬度计：符合 GB/T 531.1 的邵氏 A 型硬度计。

5.5 橡胶密度计：可称量 120g，精度为 0.001g，密度解析精度为 0.0001g/cm³ 的橡胶密度计。

5.6 玻璃管：硼酸盐制的玻璃管，外部直径为 38mm，长度为 300mm，每个管子配带一个惰性的密封塞（如铝箔包裹的软木塞），避免污染试验油，如图 1 所示。



标引序号说明：

1——金属丝；2——试验橡胶片；3——试验油；4——铝箔包裹的软木塞。

图 1 玻璃管示意图

5.7 金属丝：不锈钢制，直径为 0.8mm~1.0mm，尺寸和形状如图 2 所示，用来悬挂试验橡胶片并浸入试验油中。试验橡胶片用金属丝挂在玻璃管内，同时通过密封塞（如铝箔包裹的软木塞）固定住。

单位为毫米

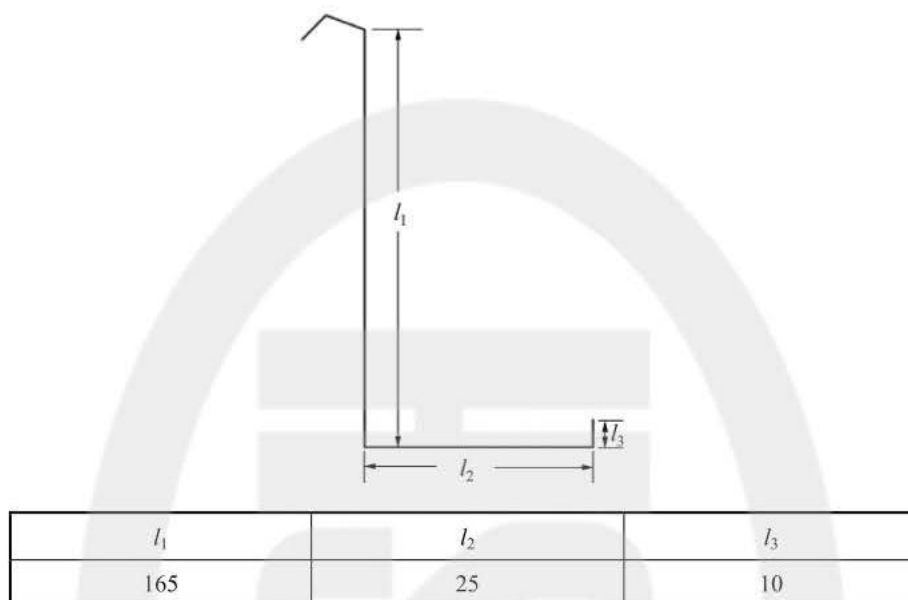


图 2 金属丝尺寸和形状示意图

5.8 烘箱：控温能力在 $150^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 和 $100^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

5.9 拉伸试验机：符合 GB/T 528—2009 要求的带引伸计的拉力试验机。

6 试剂与材料

6.1 试剂

6.1.1 正庚烷：分析纯。

6.1.2 石油醚：分析纯，沸程为 $60^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.3 水：满足 GB/T 6682—2008 中三级水的要求。

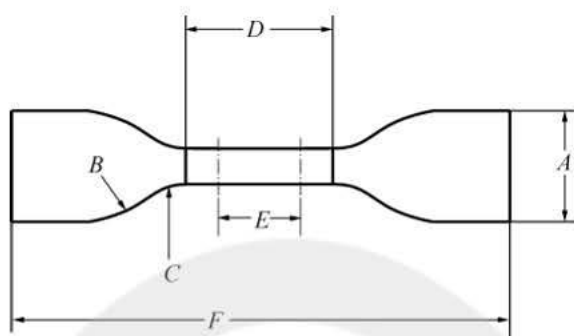
6.2 材料

6.2.1 试验橡胶：本文件采用的五种试验橡胶的尺寸至少为：长 152mm，宽 152mm 和厚度 2mm。在本文件中，试验橡胶的种类为丁腈橡胶（NBR）、聚丙烯酸酯橡胶（ACM）、氟橡胶（FKM）、硅橡胶（VMQ）、聚乙烯丙烯酸酯橡胶（MAC）。

注：从供应商处购买的试验橡胶的尺寸至少为 $152\text{mm} \times 152\text{mm}$ ，统一厚度为 $2\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。同时供应商需在每片试验橡胶上标出橡胶的纹理方向（即测试中的切割方向），还需标注试验橡胶的类型及字母代码。试验橡胶的储存环境相对湿度范围为 40%~55%、温度范围为 $10^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ ，在该储存环境下试验橡胶的有效周期是 3 年，若使用储存超过 3 年的试验橡胶片进行浸泡试验，其试验结果无效。

6.2.2 试验橡胶片：形状见图 3 和图 4。

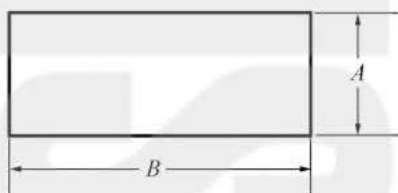
单位为毫米



试验橡胶片类型	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
GB/T 528—2009 中 I 型	25.0±1.0	25.0±2.0	14.0±1.0	33.0±2.0	25.0±0.5	115

图 3 哑铃形试验橡胶片尺寸和形状示意图

单位为毫米



试验橡胶片类型	<i>A</i>	<i>B</i>
GB/T 1690—2010 中 I 型	25.0±0.5	50.0±0.5

图 4 矩形试验橡胶片尺寸和形状示意图

6.2.3 吸油纸。

6.2.4 不锈钢丝：直径为 0.5mm。

7 设备的校验

7.1 使用前观察裁刀和裁片机的边缘，确保其平滑不粗糙。

7.2 橡胶密度计至少每年校验一次。

7.3 硬度计至少每年校验一次。

7.4 拉力试验机至少每年校验一次。

8 参比油试验

8.1 采用参比油 TMC1006-1(15W-40)和 5 种试验橡胶片[丁腈橡胶(NBR)、聚丙烯酸酯橡胶(ACM)、氟橡胶(FKM)、硅橡胶(VMQ)、聚乙烯丙烯酸酯橡胶(MAC)]对试验系统进行定期核查(至少每年 1 次)，核查结果的评价可参考附录 B。

注：参比油需在环境温度不超过 32℃ 下储存且有效使用期限为 5 年。

8.2 新购买的试验橡胶片需用参比油 TMC1006-1(15W-40)进行校验。

9 试验橡胶片的准备

9.1 试验橡胶片的数量：共有两种类型的试验橡胶片——哑铃形试验橡胶片用于拉伸测量试验，矩形试验橡胶片用于体积和硬度测量试验。对每种类型的试验橡胶片都要结合试验要求进行切割，具体切割要求如下：

- a) 十二片哑铃形试验橡胶片（六片用于试验初始拉伸，六片用于试验最终拉伸）；
- b) 六片矩形试验橡胶片（每片都用于试验初始、最终体积和硬度变化的测量），为了确保试验的精度，每次进行试验的试验橡胶片需采用同一批次。

9.2 试验橡胶片的切割：根据试验要求确定橡胶片的数量。这些试验橡胶片在切割前应在 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境下至少保持 3h，然后按照 GB/T 528—2009 中 1 型（哑铃形试验橡胶片）的尺寸要求从 2mm 厚度的橡胶片中切割哑铃形试验橡胶片，每次仅可切割一片，并用打孔器在哑铃形橡胶试验片的长轴方向的边缘且接近中央的位置打出 2mm~2.5mm 直径的洞眼；按照 GB/T 1690—2010 中 I 型（矩形试验橡胶片）的尺寸要求从 2mm 厚度的橡胶片中切割 25mm 长和 50mm 宽的矩形试验橡胶片，每次仅可切割一片，并用打孔器在矩形试验橡胶片的长轴方向的边缘且接近中央的位置打出 2mm~2.5mm 直径的洞眼，对于每一种橡胶，准备出至少 12 片的试验橡胶片，6 片用于参比油 TMC1006-1（15W-40）试验，6 片用于非参比油试验。用于同一种试验油的试验橡胶片最好从同一片橡胶片上切割。

9.3 浸泡前橡胶性能的测定：对浸泡前的试验橡胶片，按 9.3.1 条~9.3.3 条测量其初始拉伸性能、硬度和体积。

9.3.1 拉伸测量：按照 GB/T 528—2009 规定的试验步骤，拉伸速率应控制在 $8.5\text{mm/s} \pm 0.8\text{mm/s}$ ，每个油品测试 6 片哑铃形试验橡胶片，记录每片哑铃形试验橡胶片的拉伸强度和拉伸伸长率，排除周围环境条件变化的影响，比如温度、湿度，在同一时间段测量试验橡胶片的初始拉伸强度和拉伸伸长率，以及浸泡后的拉伸强度和拉伸伸长率。

9.3.2 硬度测量：建议在测量硬度前确保硬度计尖端保持干燥并对齐叠放的 3 片试验橡胶片，以达到最小 6mm 的厚度要求。对于每组叠放的 3 片试验橡胶片将其顶部、中部和底部的试验橡胶片分别标记为 A 片、B 片、C 片。根据 GB/T 531.1 的试验要求，用硬度计测定试验橡胶片的硬度，硬度计的尖端与试验橡胶片接触 $1\text{s} \pm 0.1\text{s}$ 后读数，重复测定每片试验橡胶片的不同部位，数据的读取步骤如下：

- a) 测量顶部 A 片的 3 个部位的读数，然后把 A 片翻面，测量另一面的 3 个部位读数，计算并报告 6 个值的算术平均值；
- b) 将 C 片移动到顶部，读取如 9.3.2 a) 所描述的另一组（6 个）读数；
- c) 将 B 片移动到顶部，读取如 9.3.2 a) 所描述的另一组（6 个）读数；
- d) 准备第二组叠放的 3 片试验橡胶片，进行 9.3.2 a)~9.3.2 c) 的测量。

9.3.3 体积的测量：采用橡胶密度计对每一片试验橡胶片测量和记录其质量、体积，精确到 mg 、 mm^3 ；或采用排水法测 6 片试验橡胶片在空气和水中的质量，最后计算并记录试验橡胶片的体积。数据的读取步骤如下：

- a) 在空气中称量试验橡胶片，试验橡胶片浸泡前的质量为 M_1 、试验片浸泡后的质量为 M_3 ；
- b) 在天平的挂钩上悬挂样品绳和试验片，检查在水中浸没的试验橡胶片，并除去试验橡胶片表面的气泡。在特殊情况下，可采用机械的方式去除附着在试验橡胶片表面的气泡；
- c) 称量试验橡胶片在水中的质量，试验片浸泡试验前的质量为 M_2 、试验片浸泡后的质量为 M_4 。

9.4 对每一片试验橡胶片做好标记，以便在试验结束后可以明确区分出每一片试验橡胶片（尤其是在试验油中浸泡过的试验橡胶片）。

10 试验步骤

10.1 浸泡试验

10.1.1 使用参比油进行对照试验。试验油与参比油要按照相同的试验程序进行操作，只有参比油试验结果满足附录 C 相关规定要求，方可认为本次试验结果有效。

10.1.2 根据试验橡胶片的类型设置烘箱的温度，如表 1 所示。

表 1 橡胶片试验温度和时间^a

试验橡胶片的类型	浸泡测试温度/℃	浸泡测试时间/h
丁腈橡胶 (NBR)	100±1	336.0±0.5
聚丙烯酸酯橡胶 (ACM)	150±1	336.0±0.5
氟橡胶 (FKM)	150±1	336.0±0.5
硅橡胶 (VMQ)	150±1	336.0±0.5
聚乙烯丙烯酸酯橡胶 (MAC)	150±1	336.0±0.5

^a 一些润滑油规格也许要求浸泡时间不同于 336h，若测试时间<70h，偏差为 0.25h，若测试时间>70h，偏差为 0.50h。

10.1.3 如表 1 所述设定烘箱温度，并恒温 30min。

10.1.4 在玻璃管中倒入 150mL±5mL 的试验油，对每种类型的试验橡胶片需用 4 支玻璃管，在每一支玻璃管上，用不锈钢金属丝悬挂上 3 片矩形或哑铃形的试验橡胶片，如图 1 所示，固定试验橡胶片的间隔为 1mm~2mm（例如采用不锈钢垫片），防止每片试验橡胶片之间或橡胶片和玻璃管壁之间的接触。用图 1 所示的惰性密封塞（如铝箔包裹的软木塞）塞住每个玻璃管。

10.1.5 将玻璃管放入固定架并放入烘箱中，记录日期和时间，玻璃管放入烘箱后浸泡试验即开始。

注：为了将烘箱内温度的变化降到最小，宜将玻璃试管分散放置在烘箱内部的试管架上。确保同一玻璃试管内的橡胶试验样之间、橡胶试样与试验管壁之间没有互相接触，否则试验无效。

10.1.6 在浸泡试验结束后，将玻璃管从烘箱中取出，从玻璃管中移出试验橡胶片，并把试验橡胶片悬挂在一个干净的玻璃管中，在空气中冷却 30min。

10.1.7 在冷却时间结束后，从金属丝上移出试验片，用干净的吸油纸吸去试验橡胶片上残留的油渍。然后将每片试验橡胶片浸入正庚烷中清洗，时间不超过 5s，紧接着放入石油醚中清洗，时间不超过 5s，然后快速用干净的吸油纸将试验橡胶片擦干。

10.1.8 将擦干后的试验橡胶片放在干净的吸油纸上静置 60min 后，擦干表面的油渍并开始最终测量试验，完成最终测量试验的时间不超过 2h。

10.2 测试

10.2.1 所有的测量应在 23℃±2℃下进行。

10.2.2 采用 9.3.1 的试验步骤，测量试样浸泡前后的拉伸强度和拉断伸长率。

10.2.3 采用 9.3.2 和 9.3.3 的试验步骤，分别测量试样浸泡后的硬度和体积。

注：对浸泡前后橡胶试样的测试在同一天进行。

11 结果计算

11.1 对每种浸泡的试验橡胶片，计算如 11.2~11.5 的性能变化。

注：在油品中浸泡后的试验橡胶片，其性能参数变化的负数表示试验橡胶片性能减弱，对硬度变化而言，负数和正数分别表示试验橡胶片变软或变硬。

11.2 按式（1）计算拉断伸长率的变化率：

$$\Delta E = 100 \times [(E_f - E_i) / E_i] \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ΔE ——拉断伸长率的变化率，%；

E_i ——初始拉断伸长率，%；

E_f ——浸泡后拉断伸长率，%。

11.3 按式（2）计算拉伸强度的变化率：

$$\Delta TS = 100 \times [(TS_f - TS_i) / TS_i] \dots\dots\dots (2)$$

式中：

ΔTS ——拉伸强度的变化率，%；

TS_i ——初始拉伸强度，单位为兆帕（MPa）；

TS_f ——浸泡后拉伸强度，单位为兆帕（MPa）。

11.4 按式（3）计算体积的变化率：

$$\Delta V = 100 \times \{[(m_3 - m_4) - (m_1 - m_2)] / (m_1 - m_2)\} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

ΔV ——体积变化率，%；

m_1 ——在空气中的初始质量，单位为克（g）；

m_2 ——在水中的初始质量，单位为克（g）；

m_3 ——在空气中的最终质量，单位为克（g）；

m_4 ——在水中的最终质量，单位为克（g）。

11.5 按式（4）计算硬度的变化：

$$\Delta H = (H_f - H_i) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

ΔH ——硬度变化，HA；

H_i ——初始硬度，HA；

H_f ——最终硬度，HA。

12 结果报告

试验报告的标准格式见附录 D，具体要求如下：

- 报告每一种试验橡胶片浸入试验油之后的体积变化（%），保留小数点后两位；包括 6 片矩形试验橡胶片各自的数据、算术平均值和标准偏差；
- 报告每一种试验橡胶片浸入试验油之后的硬度变化，保留小数点后一位；包括 6 片矩形试验橡胶片各自的数据、算术平均值和标准偏差；
- 报告每一种试验橡胶片浸入试验油之后的拉伸强度的变化（%），保留小数点后一位；包括 6 片哑铃形试验橡胶片各自的数据、算术平均值和标准偏差；

- d) 报告每一种试验橡胶片浸入试验油之后的拉断伸长率的变化(%)，保留小数点后一位；包括6片哑铃形试验橡胶片各自的数据、算术平均值和标准偏差。

13 精密度

13.1 概述

本精密度是基于参比油 TMC1006-1 (15W-40) 得到的，本精密度仅适用于化学性质与参比油 TMC1006-1 (15W-40) 相似的油品，按下述规定判断试验结果的可靠性(95%置信水平)。

13.2 精密度

13.2.1 中间精密度 $i.p.$

在相同实验室，按照相同的方法，可以改变操作者、测量设备、试验时间，对同一试样进行测定得到的两个试验结果之差不能超过表2~表6中规定的值。

13.2.2 再现性 R

不同操作者，在不同实验室，使用不同的仪器，按照相同的方法，对同一试样分别进行测定得到的两个单一、独立的试验结果之差不能超过表2~表6中规定的值。

表2 丁腈橡胶(NBR)与参比油精密度

参数	中间精密度标准偏差 ($S_{i.p.}$)	中间精密度 ($i.p.$)	再现性标准差 (S_R)	再现性 (R)
体积变化率/%	0.68	1.90	0.71	1.99
硬度变化/HA	1.48	4.14	1.71	4.79
拉伸强度变化率/%	7.48	20.94	7.79	21.81
拉断伸长率变化率/%	6.34	17.75	6.41	17.95

表3 聚丙烯酸酯橡胶(ACM)与参比油精密度

参数	中间精密度标准偏差 ($S_{i.p.}$)	中间精密度 ($i.p.$)	再现性标准差 (S_R)	再现性 (R)
体积变化率/%	0.70	1.96	0.73	2.04
硬度变化/HA	1.64	4.59	1.65	4.62
拉伸强度变化率/%	7.22	20.22	7.26	20.33
拉断伸长率变化率/%	8.99	25.17	9.12	25.54

表4 氟橡胶(FKM)与参比油精密度

参数	中间精密度标准偏差 ($S_{i.p.}$)	中间精密度 ($i.p.$)	再现性标准差 (S_R)	再现性 (R)
体积变化率/%	0.15	0.42	0.18	0.50
硬度变化/HA	1.39	3.89	2.00	5.60
拉伸强度变化率/%	4.10	11.48	4.61	12.91
拉断伸长率变化率/%	6.27	17.56	8.85	24.78

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/345112132333011240>