

## 附录 E

# API 乘用车发动机机油和柴油发动机机油基础油可互换性指南

### E.1 综述

#### E.1.1 简介

并非所有基础油都具有类似的物理或化学特性，或在发动机试验中提供同等的发动机机油性能。在发动机机油制造过程中，营销商和调和人员对基础油使用的灵活性有合理需求。制定《API 基础油互换性指南（BOI）》是为了确保发动机机油品的性能在发动机机油品调配商互换使用不同基础油时不会受到不利影响。

《API 基础油互换性指南》规定了必须进行的、最低限度的审慎物理和发动机试验，以确保发动机机油性能不会因为用一种基础油替代另一种基础油而受到不利影响。该指南以实际发动机试验数据为基础。在试验时，使用了不同基础油，对汽油和柴油发动机机油性能均进行了测试。《乘用车机油（PCMO）指南》以使用 API 服务类别 SG 性能等级添加剂技术为基础，并针对 SJ、SL、SM、SN 和 SP 质量等级进行了更新。《柴油发动机机油指南》以使用 API 服务类别 CD 和 CD-II 性能级别的添加剂技术为基础，并针对 CE、CF、CF-2、CF-4、CG-4、CH-4、CI-4、CJ-4、CK-4 和 FA-4 质量级别进行了更新。在这些相对较高的添加剂配方水平上，许多基础油的差异被添加剂性能组合“湮没”了。因此，这些指南不应用于预测低于 API 服务类别 SH 和 CD 添加剂性能水平的等效互换。

这些指南规定了每个营销商必须进行的、互换基础油的最低可接受水平测试，以此作为获得许可证的条件。

可以理解的是，在比较基础油料特性时，要考虑到表 E-1 中所列方法的精度。

使用这些指南并不免除营销商对在售市场销售的、许可产品实际性能的责任。被许可人仍然必须确保所有发动机和台架的测试结果。

这些指南可能会根据新的数据、新的或修订的测试方法和/或新的性能规格进行修改。必须始终使用现行指南。

#### E.1.2 定义

**E.1.2.1** 基础油料是指由单一基础油料生产商按照相同规格生产的润滑油成分（与原料来源或生产商所在地无关）；符合相同的基础油料生产商规格；并根据特有配方、产品标识号或两者共同予以识别。基础油料应基本上不含通过制造、污染或曾经的使用而引入的材料。

**E.1.2.2** 基础油料是指具有不同粘度的基础油料产品系列，但属于同一基础油料组，来自同一基础油料制造商。

**E.1.2.3** 基础油料是指用于成品润滑油的基础油料或多种基础油料的混合物。

### E.1.3 基础油料类别

所有基础油料被分为五类：

- a. I类基础油含有低于 90%的饱和度和/或高于 0.03%的硫磺，使用表 E-1 中规定的测试方法，其粘度指数大于或等于 80，小于 120。
- b. II类基础油料含有大于或等于 90%的饱和度和小于或等于 0.03%的硫，使用表 E-1 规定的测试方法，测定其粘度指数大于或等于 80，小于 120。
- c. III类基础油料含有大于或等于 90%的饱和度和小于或等于 0.03%的硫，使用表 E-1 规定的测试方法测定，其粘度指数大于或等于 120。
- d. IV类基础油是聚  $\alpha$  烯烃（PAO）。只要互换的 PAO 在物理和化学特性上符合原 PAO 制造商的规格，就可以在不需要进行额外鉴定测试的情况下进行互换。被替代的油料需要满足以下特性：
  - 1) 100°C、40°C 和-40°C 时的运动粘度
  - 2) 粘度指数
  - 3) NOACK 挥发性
  - 4) 倾点
  - 5) 不饱和度
- e. V类基础油料包括未包含在 I、II、III 或 IV 类基础油料中的其他基础油料。

表 E-1—基础油料分析方法

属性	试验方法
饱和度 <sup>a,b,c</sup> (使用列出的方法之一)	ASTM D2007 ASTM D7419
粘度指数	ASTM D2270
含硫量 (使用列出的方法之一)	ASTM D1552 ASTM D2622 ASTM D3120 ASTM D4294 ASTM D4927

<sup>a</sup> 应使用所列各项标准的最新版本。

<sup>b</sup> 饱和度低于 75.0%时，必须使用 ASTM D2007。

<sup>c</sup> 饱和度 $\geq$ 75.0%时，必须使用 ASTM D7419 中概述的关联方程将 ASTM D7419 数据转换为 ASTM D2007 的等效值，以便使用延伸值。

### E.1.4 关键缩写

- DI: 分散抗氧剂
- VI: 粘度指数
- VM: 粘度改性剂虽然粘度改性剂经常被称为粘度改进剂（并因此缩写为“VI”），但本附录将严格采用

“VM”，以避免与“粘度指数”混淆。

## E.2 乘用车机油互换

### E.2.1 指南

E.2.1.1 根据提交给 API 的已有发动机试验数据，要在原 API 许可的 PCMO 中互换基础油料，则需要通过 E.2 中规定的发动机试验。

E.2.1.2 在任何情况下，如果多于一类基础油料同时互换，则适用最严格的测试要求。

E.2.1.3 当符合 I 类、II 类、III 类或 IV 类定义的单一互换基础油料在混合的 PCMO 配方中质量百分比小于或等于 10 时，则不需要进行发动机试验。在某些情况下，可以用更高比例的 III 类或 IV 类来代替，而不需要按照本附录或 ACC 实施规程（附件 I，指南 5）中的规定进行进一步的发动机试验。对于 V 类，应遵循 ACC 实施规程。

E.2.1.4 与互换基础油料混合的 PCMO 应满足相应的 API 服务类别和/或 ILSAC 规范的所有物理和化学规格以及台架试验要求。

E.2.1.5 本指南规定批准的基础油料可以混合使用，无需进一步测试，符合附录 F 的规定。

E.2.1.6 表 E-1 中列出了基础油料和基础油混合特性的可接受的试验方法。可以理解的是，在比较特性时，要考虑到方法的精确度。在以下表格中，BOV 指的是根据 ASTM D445 测得的基础油混合粘度。

E.2.1.7 对于 API 根据 ILSAC GF-5 标准许可的发动机机油，被许可人应确保支持最终配方的 ROBO 或 IIGA 数据是在含有许可配方中使用的倾点降低剂和基础油料的配方中产生的。

### E.2.2 要求

E.2.2.1 API 认识到多重试验评估程序的重要性。支持基础油互换性的发动机测试应符合附录 P 脚注中提到的信息。本指南应与 ACC 实施规程一起使用。

E.2.2.2 对于原乘用车机油（PCMO），需提供完整性能文件。除 ACC 实施规程规定的以外，在检验互换基础油时，分散抗氧剂（DI）和/或粘度改性剂（VM）保持不变。根据这些指南获得的基础油互换适用于单一乘用车机油配方。如果发生 ACC 实施规程之外的 DI 和/或 VM 变化，则应重新应用这些指南。

E.2.2.3 对于《指南》中所列的乘用车试验，本《指南》可能允许减免一些测试。在确定特定油品配方的试验项目要求之前，请检查每个具体试验的指南。

表 E-2—API S 类基础油互换试验

试验名称	ASTM	附录 E 参考	SJ	SL	SM	SN	SP	资源节约	SN PLUS	GF-5	GF-6A	GF-6B
序列 III E	D5533	E.2.2.4.1	X									
序列 III F	D6984	E.2.2.4.1	X	X								
序列 III G/III GA/III GB	D7320	E.2.2.4.1	X	X	X	X		X		X		
序列 III H/III HA/III HB	D8111	E.2.2.4.2			X	X	X	X		X	X	X
序列 IV A	D6891	E.2.2.4.3	X	X	X	X				X		
序列 IV B	D8350	E.2.2.4.4					X	X			X	X
序列 V E	D5302	E.2.2.4.5	X	X								
序列 V G	D6593	E.2.2.4.5	X	X	X	X				X		
序列 V H	D8256	E.2.2.4.6	X	X	X	X	X			X	X	X
序列 V I D	D7589	E.2.2.4.7						X		X		
序列 V I E	D8114	E.2.2.4.8	X	X	X	X	X	X		X	X	
序列 V I F	D8226	E.2.2.4.9				X	X	X				X
CRC L-38	D5119	E.2.2.4.10	X									
序列 V I I I	D6709	E.2.2.4.10	X	X	X	X	X			X	X	
序列 I X	D8291	E.2.2.4.11					X		X		X	X
序列 X	D8279	E.2.2.4.12					X				X	X
球体锈蚀试验	D6557	E.4.2.5	X	X	X	X	X			X	X	X
EOFT	D6795	E.4.2.3	X	X	X	X	X			X	X	X
可过滤性—— EOWTT	D6794	E.4.2.4	X	X	X	X	X			X	X	X
同质性和混浊性	D6922	E.4.2.3	X	X	X	X	X			X	X	X
TEOST 33/33C	D6335	E.4.2.1	X			X	X	X		X	X	
TEOST MHT	D7097	E.4.2.2		X	X	X				X		
老化油低温粘度 ROBO	D7528	E.2.1.7				X	X			X	X	X
弹性体相容性标准参 考弹性体	D7216	E.4.2.11				X	X	X		X	X	X

注：X=确定 BOI 的试验方法。测试要求可在 API 1509 附录 G、附录 O 和/或 ASTM D4485 中找到。

**E.2.2.4** 在 E.2.2.4.1 至 E.2.2.4.12 中给出了互换基础油料所需的乘用车发动机试验。BOI 指南根据 API 基础油料类别以及原试验油和候选油配方中使用的基础油料量而有所不同。除非另有说明，否则所有的百分比均指总配方的质量百分比。

为支持 API 服务类别和 ILSAC 规范所引用的、对每个序列试验的 BOI 和 VGRA 指南制定，测试利用了具有系列物理特性的基础油料、基础油和成品油。这些物理特性对润滑油性能影响的重要性对于每项试验或试验类

型来说都可能有所不同。基础油料、基础油和/或成品油的数据包括在以下表 E-3 中。这些数值仅供参考，不代表对这些指南的解释有任何限制。

表 E-3—为开展引用的序列试验，引用基础油料、基础油、成品油数据来支持 BOI/VGRA 指南制定

序列	基础油料类别	BOV100 范围, mm <sup>2</sup> /S	基础油 VI 范围	基础油饱和度范围 (D7419), wt%	基础油饱和度范围 (D2007), wt%	基础油含硫量范围, ppm	粘度等级范围
IIIH	I、II、III <sup>a</sup>	4.5 至 10.7	96 至 139	96.0 至 99.8 以上	93.1 至 98.2	小于 5, 至 371	0W-16 至 20W-50
IVB	II、III	4.2 至 11.2	108 至 140	96.7 至 99.8 以上	93.4 至 99.0	<5	0W-16 至 20W-50
VH	I、II、III、IV	4.2 至 11.1	95 至 130	I 类 86.8 至 87.5 II 类 95.0 至 99.8 以上 III 类 >99.8	I 类 82.8 至 83.5 II 类 92.7 至 99.0 <sup>b</sup> III 类 97.7 至 98.4	第一组 1301 至 1365 II 类、III 类 <5	0W-16 至 20W-50
VIE	II、III	4.2 至 5.9	111 至 135	96.9 至 99.8 以上	93.6 至 99.9	<5	0W-20 至 10W-30
VIF	III	4.2 至 4.4	122 至 130	>99.8	98.3 至 99.7	<5	0W-16, 0W-20
IX	II、III、IV	4.2 至 6.2	109 至 136	96.7 至 99.8 以上	93.4 至 99.9	<5	0W-16 至 10W-30
X	II、III、IV	4.2 至 6.2	109 至 140	96.7 至 99.8 以上	93.4 至 98.4	<5	0W-16 至 10W-40, 5W

<sup>a</sup> I 类和 III 类以 36%的 I 类/64%的 III 类的比例混合。

<sup>b</sup> 没有提供所有 II 类基础油料的数据，以便计算所有基础油饱和度。

E.2.2.4.1 对于互换基础油料所需的序列 IIIIE、IIIF、IIIFHD、IIIG 和 IIIGA 试验，具体要求见表 E-4。

E.2.2.4.1.1 单一技术矩阵 (STM) 是序列 IIIF、IIIFHD、IIIG 和 IIIGA 的另一种 BOI 方法 (见附录 O)。

此外，一旦一项单一技术【单一技术是指在恒定处理率下的单一添加剂包 (DI)】被证明通过了五个序列 IIIGB 和/或序列 IIIHB 试验 (序列 IIIHB 相当于序列 IIIGB) 的组合，那么该单一技术就不需要再进行序列 IIIGB 或序列 IIIHB 试验。

表 E-4—互换基础油料需要进行的序列 IIIIE、IIIF、IIIFHD、IIIG、IIIGA 和 IIIGB 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
I 类	需要	需要	≤ 30% 不需要 -----	≤ 30% 不需要 -----	需要

			> 30% 需要	> 30% 需要	
II类	需要	需要	≤ 30% 不需要 ----- > 30% 需要	≤ 30% 不需要 ----- > 30% 需要	需要
III类	需要	需要	需要	≤ 30% 不需要 ----- > 30% 需要	需要
IV类	需要	需要	≤ 30% 不需要 ----- > 30% 需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.2.2.4.2 对于互换基础油料所需的序列 IIIH 和 IIIHB 试验, 具体要求见表 E-5。

此外, 一旦一项单一技术【单一技术是指恒定处理量下的单一添加剂包 (DI)】证明通过了五次序列 IIIHB 试验, 那么该单一技术就不需要再进行序列 IIIHB 试验。

表 E-5—互换基础油料需要进行的序列 IIIH 和 IIIHB 试验

原试验油中的 基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	需要	需要	≤ 30% 不需要 ----- > 30% 需要	需要	需要
II类	需要	需要	≤ 30% 不需要 ----- > 30% 需要	需要	需要
III类	需要	需要	需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.2.2.4.3 对于互换基础油料所需的序列 IVA 试验, 具体要求见表 E-6。

表 E-6—互换基础油料需要进行的序列 IVA 试验

原试验油中的 基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	不需要, 如果 BOV 在	不需要, 如果 BOV 在	≤ 30% 不需要 -----	≤ 30% 不需要 -----	需要

	100°C 下≥ 原试验油	100°C 下≥ 原试验油	> 30% 不需要, 如果 100°C 时 BOV≥ 原试验 油	> 30%和≤ 50% 不需要, 如果 BOV 在 100°C 下≥ 原试验油 ----- > 50% 需要	
II 类	不需要, 如 果 BOV 在 100°C 下 ≥ 原试验油	不需要, 如果 BOV 在 100°C 下 ≥ 原试验油	≤ 30% 不需要 ----- > 30% 不需要, 如果 100°C 时 BOV≥ 原试验 油	≤ 30% 不需要 ----- > 30%和≤ 50% 不需要, 如果 BOV 在 100°C 下 ≥ 原试验油 ----- > 50% 需要	需要
III 类	不需要, 如 果 BOV 在 100°C 下 ≥ 原试验油	如果 BOV 在 100°C 下 ≥ 原 试验油, 则不 需要	如果 BOV 在 100°C 下 ≥ 原试验油, 则不需要	≤30% 不需要, 如果 BOV 在 100°C 下 ≥ 原试验油 ----- > 30% 需要	需要
IV 类	需要	需要	≤ 30% 不需要 ----- > 30% 需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方 面符合原制造商的规格要求, 则不需 要。	需要
V 类	需要	需要	需要	需要	需要

注: BOV 指按照 ASTM D445 测得的基础油混合粘度。

E.2.2.4.4 对于互换基础油料所需的序列 IVB 试验，具体要求见表 E-7。

表 E-7—互换基础油料需要进行的序列 IVB 试验

原试验油中的 基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	需要	需要	需要	需要	需要
II类	需要	如果在 100°C 时基础油粘度≥原试验油，则不需要	如果在 100°C 时基础油粘度≥原试验油，则不需要	需要	需要
III类	需要	如果在 100°C 时基础油粘度≥原试验油，则不需要	如果在 100°C 时基础油粘度≥原试验油，则不需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求，则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

注：本表中的指南是根据粘度等级从 SAE 0W-16 到 SAE 20W-50 的油品产生的数据制定的。这些并不限制营销商对指南的应用。营销商负责确保每个经许可的发动机机油满足所有发动机和台架试验的性能要求。

E.2.2.4.5 对于互换基础油料所需的序列 VE/VG 试验，具体要求见表 E-8。

表 E-8—互换基础油料需要进行的序列 VE/VG 试验

原试验油中的 基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	如果含硫量≤原试验油，且饱和度≥原试验油，则不需要	不需要	不需要	≤ 50% 不需要 ----- > 50% 需要	需要
II类	需要	不需要，如果饱和度≥原试验油	不需要	≤ 50% 不需要 ----- > 50% 需要	需要
III类	需要	需要	不需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求，则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要



E.2.2.4.6 对于互换基础油料所需的序列 VH 试验，具体要求见表 E-9。

表 E-9—互换基础油料需要进行的序列 VH 试验

原试验油中的 基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	如果基础油在 100°C 时的粘度≥原试验油，并且原试验油和候选基础油饱和度按 ASTM D2007 标准均≥83%，且含硫量≤0.13%，则不需要。 ----- 如果基础油在 100°C 时的粘度≥原试验油，当原基础油饱和度按 ASTM D2007 标准 <83%或含硫量>0.13%，且候选油的饱和度≥原始值，且候选油含硫量≤原试验油时，则不需要。	不需要，如果基础油粘度 100°C 下≥原试验油	不需要，如果基础油黏度 100°C 下≥原试验油	需要	需要
II类	如果基础油在 100°C 时的粘度≥原试验油，并且候选基础油饱和度按 ASTM D2007 标准≥83%，且含硫量≤0.13%，则不需要。	不需要，如果基础油粘度 100°C 下≥原试验油	不需要，如果基础油粘度 100°C 下≥原试验油	需要	需要
III类	如果基础油在 100°C 时的粘度≥原试验油，并且候选基础油饱和度按 ASTM D2007 标准≥83%，且含硫量≤0.13%，则不需要。	不需要，如果基础油粘度 100°C 下≥原试验油	不需要，如果基础油粘度 100°C 下≥原试验油	需要	需要
IV类	需要	<50% 不需要，如果基础油粘度 100°C 下≥原试验油 ----- ≥ 50%需要	<50% 不需要，如果基础油黏度 100°C 下≥原试验油 ----- ≥ 50%需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求，则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.2.2.4.7 对于互换基础油料所需的序列 VID 试验，具体要求见表 E-10。

表 E-10—互换基础油料需要进行的序列 VID 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	需要	需要	需要	需要	需要
II类	需要	不需要, 如果 HTHS 在 100°C 下 (D6616) ≤ 原试验油。如果 HTHS 在 100°C 下 > 原试验油, 见表 E-9 方程式。		需要	需要
III类	需要			需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要 (E.1.3.d)	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

表 E-10 的方程式

如果候选油在 100°C 下的 HTHS > 原合格油在 100°C 下的 HTHS, 且如果以下两个方程式都成立, 则不需要测试:

$$H_{\text{候选}} \leq H_{\text{原}} + \{(FEI_{\text{总和限值}} - FEI_{\text{原总和}}) / -0.485\} + (H_{\text{原}} * R)$$

$$H_{\text{候选}} \leq H_{\text{原}} + \{(FEI2_{\text{限值}} - FEI2_{\text{原}}) / -0.227\} + (H_{\text{原}} * R)$$

式中:

$H_{\text{候选}}$  是按 ASTM D6616 标准测量的 100°C 时候选油的 HTHS

$H_{\text{原}}$  是按 ASTM D6616 标准测量的 100°C 时原试验油的 HTHS

$FEI_{\text{总和限值}}$  是指原试验粘度等级的 FEI 总和合格限值

$FEI_{\text{原总和}}$  是原试验油的 FEI 总和 ( $FEI1_{\text{原}} + FEI2_{\text{原}}$ ) 结果

-0.485 是根据序列 VID 工业矩阵模型得到的 FEI 总和系数

$FEI2_{\text{限值}}$  是指原试验粘度等级的 FEI2 合格限值

$FEI2_{\text{原}}$  是原试验油的 FEI2 结果

-0.227 是根据序列 VID 工业矩阵模型得到的 FEI2 系数

R 是最新版 ASTM D6616 中报告的重现率

注:

ASTM D6616-07 中的  $R=0.035$  (3.5%)

用于开发序列 VID 工业矩阵模型的 HTHS 在 100°C 下时范围是 5.44 至 7.68 cP。

E.2.2.4.8 对于互换基础油料所需的序列 VIE 试验, 具体要求见表 E-11。

表 E-11—互换基础油料需要进行的序列 VIE 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	需要	需要	需要	需要	需要
II类	需要	不需要, 如果 HTHS 在 150°C 下≤原试验油。如果 HTHS 在 150°C 下>原试验油, 则见下列方程式	不需要, 如果 HTHS 在 150°C 下≤原试验油。如果 HTHS 在 150°C 下>原试验油, 则见下列方程式	需要	需要
III类	需要	不需要, 如果 HTHS 在 150°C 下≤原试验油。如果 HTHS 在 150°C 下>原试验油, 则见下列方程式	不需要, 如果 HTHS 在 150°C 下≤原试验油。如果 HTHS 在 150°C 下>原试验油, 则见下列方程式	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

表 E-11 的方程式

如果候选油在 150°C 时 HTHS>原合格油在 150°C 下的 HTHS, 且如果以下两个方程式都成立, 则不需要测试:

$$H_{\text{候选}} \leq H_{\text{原}} + \{(FEI_{\text{总和限值}} - FEI_{\text{原总和}}) / -0.733\} + R$$

$$H_{\text{候选}} \leq H_{\text{原}} + \{(FEI2_{\text{限值}} - FEI2_{\text{原}}) / -0.246\} + R$$

式中:

$H_{\text{候选}}$ 是按 ASTM D4683 标准测量的 150°C 时候选油的 HTHS

$H_{\text{原}}$ 是按 ASTM D4683 标准测量的 150°C 时原试验油的 HTHS

$FEI_{\text{总和限值}}$ 是指原试验黏度等级的 FEI 总和合格限值

$FEI_{\text{原总和}}$ 是原试验油的 FEI 总和 ( $FEI1_{\text{原}} + FEI2_{\text{原}}$ ) 结果

$FEI2_{\text{限值}}$ 是指原试验粘度等级的 FEI2 合格限值

$FEI2_{\text{原}}$ 是原试验油的 FEI2 结果

R 是最新版 ASTM D4683 中报告的重现率;

当前 ASTM D4683-17 中,  $R = 0.03207 \times H_{\text{原}} + 0.0389$

-0.733 和 -0.246 是根据序列 VIE 工业矩阵模型得到的系数

E.2.2.4.9 对于互换基础油料所需的序列 VIF 试验, 具体要求见表 E-12。

表 E-12—互换基础油料需要进行的序列 VIF 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	需要	需要	需要	需要	需要
II类	需要	需要	需要	不需要	需要
III类	需要	需要	不需要, 如果候选油的基础油 VI $\geq$ 原试验油	不需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.2.2.4.10 对于互换基础油料所需的 CRC L-38/序列 VIII 试验, 具体要求见表 E-13。

注: 这些 BOI 指南仅适用于轴承重量损失。

表 E-13—互换基础油料需要进行的序列 CRC L-38/序列 VIII 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	不需要	不需要	不需要	不需要	需要
II类	不需要	不需要	不需要	不需要	需要
III类	不需要	不需要	不需要	$\leq 30\%$ 不需要 ----- > 30%需要	需要
IV类	需要	需要	$\leq 30\%$ 不需要 ----- > 30%需要	只要互换 IV类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

分类和 ILSAC 规范。CRC L-38/序列 VIII 或 ASTM D6278 (通过 30 次) 可用于支持表 E-14 中列出的极限值定级要求。

表 E-14—CRC L-38/序列 VIII 试验定级要求

粘度等级	L-38/序列 VIII 在 100°C 下 10 小时的剥离运动粘度 (mm <sup>2</sup> /s), 最小	ASTM D6278 (通过 30 次) 100°C 时的运动粘度 (mm <sup>2</sup> /s), 最小
XW-16	6.1	5.8
XW-20	6.9	6.5
XW-30	9.3	8.5
XW-40	12.5	11.5
XW-50	16.3	15.0
XW-60	21.9	19.8

E.2.2.4.11 对于互换基础油料所需的序列 IX 试验, 具体要求见表 E-15。

表 E-15—互换基础油料需要进行的序列 IX 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
I 类	需要	需要	需要	需要	需要
II 类	需要	不需要	不需要	不需要	需要
III 类	需要	不需要	不需要	不需要	需要
IV 类	需要	不需要	不需要	不需要	需要
V 类	需要	需要	需要	需要	需要

注: 本表中的指南是根据粘度等级从 SAE 0W-16 到 SAE 10W-30 的油产品产生的数据制定的。这些粘度等级并不限制营销商对指南的应用。营销商负责确保各经许可的发动机机油满足所有发动机和台架试验的性能要求。

E.2.2.4.12 对于互换基础油料所需的序列 X 试验, 具体要求见表 E-16。

表 E-16—互换基础油料需要进行的序列 X 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
I 类	需要	需要	需要	需要	需要
II 类	需要	不需要	不需要	不需要	需要
III 类	需要	不需要	不需要	不需要	需要
IV 类	需要	不需要	不需要	不需要	需要
V 类	需要	需要	需要	需要	需要

注: 本表中的指南是根据粘度等级从 SAE 0W-16 到 SAE 10W-40 的油产品产生的数据制定的。这些粘度等级并不限制营销商对指南的应用。营销商负责确保各经许可的发动机机油满足所有发动机和台架试验的性能要求。

### E.2.3 示例

### E.2.3.1 综述

《API 基础油互换性指南》必须与《API SAE 粘度等级发动机试验指南》一起使用（见附录 F）。当原来批准的等级所含的互换基础油料质量百分比小于或等于 10%时，如果配方中的互换基础油料质量百分比大于 10%，则必须对较高的等级进行测试。

### E.2.3.2 示例 1

在本示例中，营销商想使用另一个制造商生产的新 I 类 200N 基础油取代自己的 SAE 5W-30 和 10W-30 级 I 类 200N 基础油。SAE 5W-30 级是经完全批准的 API SJ 产品，由不多于 10%的 200N 和不低于 90%的 100N 的 I 类基础油混合制成。SAE 10W-30 级是经批准的 API SJ 产品，以粘度等级延伸，由 65%的 200N 和 35%的 100N 的第一组基础油混合制成。这两个等级都使用相同的 I 类基础油料体系。

营销商需要采取以下步骤：

- a. 查看《API SAE 粘度等级发动机试验指南》。当基础油料体系同时用在 SAE 5W-30 和 SAE 10W-30 级时，SAE 5W-30 级可以延伸至 SAE 10W-30。
- b. 查看《API 基础油可互换性指南》。由于 SAE 5W-30 产品基础油中含有低于或等于 10%的 200N 基础油料，而互换基础油料来自相同类别，因此互换时不需进行发动机试验。然而，需要对 SAE 10W-30 产品（粘度等级越高，200N 水平越高）进行测试。根据《API 基础油可互换性指南》，营销商必须获得合格的序列 IIIIE，方能进行 I 类 200N 基础油料相互互换。如果不符合表 E-5 的要求，营销商可能还需要获得合格的序列 VE。

### E.2.3.3 示例 2

在本示例中，营销商想用其他来源的 I 类 100N 和 200N 基础油料取代其获得批准的 SAE 5W-30 和 10W-30 级 100N 和 200N 基础油料。SAE 5W-30 级是经完全批准的 API SJ 产品，由不多于 10%的 200N 和不低于 90%的 100N 的 I 类基础油混合制成。SAE 10W-30 级是经批准的 API SJ 产品，以粘度等级延伸，由 65%的 200N 和 35%的 100N 的 I 类基础油混合制成。这两个等级都使用相同的基础油料体系。

营销商需要采取以下步骤：

- a. 查看《API SAE 粘度等级发动机试验指南》。与上一个示例相同，当相同的基础油料体系同时用在 SAE 5W-30 和 SAE 10W-30 级时，SAE 5W-30 级可以延伸至 SAE 10W-30。
- b. 查看《API 基础油可互换性指南》。如果营销商独立看待这些级别，则由于 100N 基础油水平，SAE 5W-30 产品会需要测试，且由于 200N 水平，10W-30 产品也需要测试。然而，当相同的原料油体系同时用于 SAE 5W-30 和 SAE 10W-30 时，《API SAE 粘度等级发动机试验指南》允许经过测试的 SAE 5W-30 级延伸至 SAE 10W-30 级，因此仅 SAE 5W-30 级需要进行测试。如示例 1 所示，营销商必须使用序列 IIIIE，并可能必须新的基础油料中使用序列 VE。

#### E.2.3.4 示例 3

在该示例中，某营销商想在 SAE 30 级中对 I 类光亮油源（品牌）进行互换。该互换涉及经完全批准的 API SJ SAE 5W-30 级机油。该机油由 90% 的 100N 和 10% 的 200N 的 I 类基础油混合物制成。SAE 30 级是经完全批准的粘度延伸 API SJ 产品，由 90% 的 200N 和 10% 的光亮油混合得到的 I 类基础油混合物制成。这两个等级都使用相同的基础油料体系。

营销商需要采取以下步骤：

- a. 查看《API SAE 粘度等级发动机试验指南》。如果 SAE 5W-30 API SJ 产品和 SAE 30 级使用相同基础油料体系，则该 SAE 5W-30 API SJ 产品可以延伸至 SAE 30 级。
- b. 查看《API 基础油可互换性指南》。占配方 10% 或更少的基础油料体系源可以在不进行进一步测试的情况下与其他基础油料源互换。

#### E.2.3.5 示例 4

在该示例中，某营销商想在 SAE 30 级中对 I 类光亮油源（品牌）进行互换。SAE 30 级是经完全批准的 API SJ 产品，其粘度是从 SAE 5W-30 级延伸而来。在配方成品中，SAE 30 含有 15% 光亮油。这两个等级都使用相同的基础油料体系。

营销商需要查看《API 基础油可互换性指南》。因为基础油料表现出多于 10%，序列 IIIIE 和可能存在的序列 VE 必须含新光亮油的 SAE 30 级中使用。

#### E.2.3.6 示例 5

在该示例中，某营销商想在经完全批准的 SAE 10W-30 级中对 II 类，200N 基础油料源（品牌）进行互换。该产品由 80% 的 100N 和 20% 的 200N 混合得到的 II 类基础油混合物制成。该基础油混合物符合 II 类要求，即含硫量不大于 0.03%，且饱和度不低于 90%。

营销商需要查看《API 基础油可互换性指南》。200N 油在原配方中含量大于 10%，因为需要测试。要进行互换，营销商必须使用序列 IIIIE，且需要使用 VE。

#### E.2.3.7 示例 6

在该示例中，某营销商想根据用于经完全批准的 API SJ SAE 5W-30 级中的相同基础油体系，得到 SAE 40 级机油。SAE 5W-30 级是由 90% 的 100N 和 10% 的 200NM 混合而成的 I 类基础油混合物制得，并使用非分散性粘度改性剂配制而成。基础油中，SAE 40 级含有 80% 的 300N 和 20% 的光亮油。

营销商需要采取以下步骤：

- a. 查看《API SAE 粘度等级发动机试验指南》。非节能 API SJ SAE 5W-30 产品可延伸至 SAE 40 级，而无需进一步测试（需注意，如果使用非分散性粘度改性剂进行 SAE 5W-30 配制，则需要进行序列 VE 试验）。
- b. 看《API 基础油可互换性指南》。因为 SAE 40 级含有相同源（品牌）基础油，因此没有发生互换。无需进一步测试。

#### E.2.3.8 示例 7

在该示例中，某营销商想将完全批准的 API SL SAE 5W-30 级基础油混合物中的 II 类 100N 基础油料换成 I 类 100N 基础油料。SAE 5W-30 级是经完全批准的产品，由 50% 的 II 类 100N 和 50% 的 I 类 150N 基础油混合物制成。

营销商需要查看《API 基础油可互换性指南》。要将 II 类油换成 I 类油，营销商需要进行序列 VG、IIIF（或根据 ASTM D 4485 使用序列 IIIG）和 IVA 试验，如果希望在 API 服务类别 SL 中实现节能，还需要进行 VIB 序列试验。查看表 E-6，看是否允许进行延伸。

注：如果将 100N 和 150N 基础油料都和新 I 类基础油料互换，则将遵循最严格的测试要求【即，序列 VG、IIIF（或 ASTM D4485 要求的序列 IIIG）和 IVA 试验，以及，如果想 API 服务类别 SL 节能，则进行序列 VIB 试验】。

#### E.2.3.9 示例 8

在该示例中，某营销商想将所有基础油料 IV 类和 V 类体系换成部分 IV 类（PAO）体系，以获得 PCMO。该营销商有两种产品参与此次互换：一种是经完全批准的 API SL SAE 10W-30 级，采用含有 PAO 和酯类液体的 IV 类和 V 类基础油混合物（IV/V 类），另一种是经完全批准的 SAE 10W-30 级，采用含有 60% 的 100N 和 40% 的 250N 的 I 类基础油混合物。这两种油都含有相同的 DI 添加剂处理和 VM。

营销商需要查看《API 基础油可互换性指南》。所有 IV/V 类和 I 类之间的交换需要进行完整批准测试。这是针对 I 类和 IV/V 类产品的。由于 I 类油料和完整的 IV/V 类混合物都得到了批准，则两者的混合物无需进一步测试即可使用。

#### E.2.3.10 示例 9

在该示例中，某营销商想改变 PAO 加酯类 SAE 5W-30 级中的 PAO（IV 类）。经完全批准的 API SL/节能/ILSAC GF-3 SAE 5W-30 级是由 IV 类和 V 类基础油（由 4 厘斯 PAO 和酯油构成）制成。

只要替代的 4 厘斯 PAO 符合与原 4 厘斯 PAO 相同的物理和化学规格，就不需要测试。



### E.2.3.11 示例 10

该示例中，营销商希望在由 15%IV 类基础油料、65%II 类基础油料和 20%DI/VM 添加剂混合制成的已认证 API SJ SAE 多粘度级产品中增加 15%的 IV 类基础油料。新配方包含 30%IV 类基础油料、50%II 类基础油料，以及 20%DI/VM 添加剂。

由于 BOI 表格允许成品油配方中 IV 类基础油料最多占 30%，无需进一步测试，因此新配方不需要进行发动机试验（如果油为节能型，则序列 VIA 除外，需进行试验）。

### E.2.3.12 示例 11

该示例中，营销商希望在由 20%IV 类基础油料、60%II 类基础油料和 20%DI/VM 添加剂混合制成的已认证 API SL/节能 SAE 多粘度级产品中增加 30%的 IV 类基础油料。新配方包含 50%IV 类基础油料、30%II 类基础油料，以及 20%DI/VM 添加剂。

根据表格，当总 IV 类含量增加到 50%时，需要进行序列 IIIF 和 VIB 发动机试验。如果 IV 类总含量增加到 50%以上，则新配方就需要进行除序列 VIII 以外的完整发动机试验。

### E.2.3.13 示例 12

该示例中，营销商想知道，在由 24%IV 类基础油料、56%II 类基础油料和 20%DI/VM 添加剂混合制成的 API SJ 或 SL 许可的 SAE 多粘度级产品中，可以添加多少 IV 类基础油料，而无需开展进一步发动机试验。

由于表格允许在成品油配方中最多添加 30%的 IV 类基础油料，在将 II 类与 IV 类互换时无需进一步测试，因此营销商可以再添加 6%的 IV 类基础油料而无需进一步发动机试验。新配方包含 30%IV 类基础油料、50%II 类基础油料，以及 20% DI/VM 添加剂。

### E.2.3.14 示例 13

对于序列 VID BOI（表和方程），以下示例适用：

使用 API II 类和/或 III 类基础油料任意组合的合格油正在被替换为使用不同 API II 类或 III 类基础油料的同等或更低 HTHS 的候选配方。

使用不同的 II 类和 III 类基础油料将使用相同技术（性能组合和粘度改性剂）的候选油配制为相同粘度等级的产品。候选油在 100°C 时的 HTHS 为 6.44 cP。

由于候选油在 100°C 时 HTHS 的值低于原试验油，且所涉及的基础油料为 II 类和 III 类的组合，因此允许对候

选油进行基础油互换。

#### E.2.3.15 示例 14

对于序列 VID BOI（表和方程），以下示例适用：

使用 API II 类和/或 III 类基础油料任意组合的合格油正在被替换为使用不同 API II 类、III 类基础油料的候选配方。

使用 II 类或 III 类基础油料（或混合物）的原始配方油在序列 VID 中使用，并得到合格的 FEI<sub>总和</sub>和 FEI<sub>2</sub>。该油在 100°C 时的 HTHS 为 6.52 cP。合格结果比 FEI<sub>总和</sub>的合格规格高 0.40（即  $FEI_{总和限值} - FEI_{原总和} = -0.40$ ），比 FEI<sub>2</sub>的合格规格高 0.16。（即， $FEI_{2限值} - FEI_{2原} = -0.16$ ）

使用不同的 II 类和 III 类基础油料将使用相同技术（性能组合和黏度改性剂）的候选油配制为相同黏度等级的产品。候选油在 100°C 时的 HTHS 为 7.40 cP。D6616-07 的重现率（R）为 0.035（3.5%）。

使用下列方程 E 1.0 对允许的基础油互换进行评估：

$$A = FEI_{总和} HTHS = 6.52 + (-0.40/-0.485) + 6.52 \times 0.035 = 7.57 \text{ cP}$$

$$B = FEI_2 HTHS = 6.52 + (-0.16/-0.227) + 6.52 \times 0.035 = 7.45 \text{ cP}$$

基础油互换受限于 A 和 B 两者中的较小值，即 7.45cP。候选油在 100°C 时的 HTHS 为 7.40，低于 7.45。因此，允许基础油互换。

不允许 HTHS 检测精度出现更大公差。

#### E.2.3.16 示例 15

对于序列 VID BOI（表和方程），以下示例适用：

使用 API II 类和/或 III 类基础油料任意组合的合格油正在被替换为使用不同 API II 类、III 类基础油料的候选配方。

使用 II 类或 III 类基础油料（或混合物）的原始配方油在序列 VID 中使用，并得到合格的 FEI<sub>总和</sub>和 FEI<sub>2</sub>。该油在 100°C 时的 HTHS 为 6.52 cP。合格结果在合格规格的下限取整范围内，即比 FEI<sub>总和</sub>的合格规格低-0.04（即  $FEI_{总和限值} - FEI_{原总和} = +0.04$ ），比 FEI<sub>2</sub>的合格规格高 0.10。（即， $FEI_{2限值} - FEI_{2原} = -0.10$ ）

使用不同的 II 类和 III 类基础油料将使用相同技术（性能组合和粘度改性剂）的候选油配制为相同粘度等级的产品。候选油在 100°C 时的 HTHS 为 7.02 cP。D6616-07 的重现性（R）为 0.035（3.5%）。

使用下列方程 E 1.0 对允许的基础油互换进行评估：

$$A = FEI_{\text{总和}} \text{HTHS} = 6.52 + (+0.04/-0.485) + 6.52 \times 0.035 = 6.67 \text{ cP}$$

$$B = FEI_2 \text{HTHS} = 6.52 + (-0.10/-0.227) + 6.52 \times 0.035 = 7.19 \text{ cP}$$

基础油互换受限于 A 和 B 两者中的较小值，即在 100°C 时 HTHS 为 6.67 cP。候选油的 HTHS 为 7.02 cP，大于 6.67 cP，所以不允许基础油互换。

不允许 HTHS 检测精度出现更大公差。

### E.2.3.17 其他示例

关于应用《基础油互换性指南》的其他示例可在附录 M 中找到。

## E.3 重质发动机机油的互换

### E.3.1 指南

E.3.1.1 根据提交给 API 的已有发动机试验数据，要在原 API 许可的重质机油（HDEO）中互换基础油料，则需要通过第 E.3 节中规定的发动机试验。

E.3.1.2 在任何情况下，如果多于一类基础油料同时互换，则适用最严格的测试要求。

E.3.1.3 当符合 I 类、II 类、III 类或 IV 类定义的单一互换基础油料在混合的 HDEO 配方中质量百分比小于或等于 10 时，则不需要进行发动机试验。在某些情况下，可以用更高比例的 III 类或 IV 类来代替，而不需要按照本附录或 ACC 实施规程（附件 I，指南 5）中的规定进行进一步的发动机试验。对于 V 类，应遵循 ACC 实施规程。

E.3.1.4 与互换基础油混合的重质发动机机油应满足相应 API 服务类别所要求的所有物理和化学规格。

E.3.1.5 本指南规定批准的基础油料可以混合使用，无需进一步测试，符合附录 F 的规定。

E.3.1.6 表 E-1 中列出了基础油料和基础油混合特性的可接受的试验方法。可以理解的是，在比较特性时，要考虑到方法的精确度。在以下表格中，BOV 指的是根据 ASTM D445 测得的基础油混合粘度。

### E.3.2 要求

E.3.2.1 API 认识到多重试验评估程序的重要性。支持基础油互换性的发动机试验应符合附录 K 中提到的信息。这些指南应与 ACC 实施规程一起使用。

E.3.2.2 原始 HDEO 需要完整的性能文件。除 ACC 实施规程规定的以外，在检验互换基础油时，分散抗氧剂（DI）和/或粘度改性剂（VM）保持不变。根据这些指南获得的基础油互换适用于单一 HDEO 配方。如果发生 ACC 实施规程之外的 DI 和/或 VM 变化，则应重新应用这些指南。

E.3.2.3 当在含有单一重质发动机机油配方的若干不同粘度等级中更换基础油料或基础油料体系时，本指南应与附录 F 一起使用，除非推荐的测试等级在配方中含有小于或等于 10 质量百分比的互换基础油料。在这种情况下，应测试下一个更高的粘度等级。

E.3.2.4 对于表 E-17 中所列的 HDEO 试验，BOI 指南可能允许减免一些测试。在确定特定油品配方的试验项目要求制定之前，请查看每个具体试验的指南。

表 E-17—API C 类和 F 类别基础油互换试验

试验名称	ASTM	附录 E 参考	CH-4	CI-4	CI-4 w/CI-4 PLUS	CJ-4	CK-4/ FA-4
序列 IIIF/IIIFHD	D6984	E.2.2.4.1	X	X	X	X	
序列 IIIG	D7320	E.2.2.4.1	X	X	X	X	
卡特彼勒 (Caterpillar) 1K	D6750 (1K)	E.3.2.5.1	X	X	X		
卡特彼勒 (Caterpillar) 1N	D6750 (1N)	E.3.2.5.2		X	X	X	X
卡特彼勒 (Caterpillar) 1P	D6681	E.3.2.5.4	X	X	X		
开特皮勒 (Caterpillar) 1R	D6923	E.3.2.5.3		X	X		
卡特彼勒油品曝气试验	D8047	E.3.2.5.16					X
发动机机油曝气试验	D6894	E.3.2.5.9	X	X	X	X	
康明斯 ISM	D7468	E.3.2.5.11		X	X	X	X
康明斯 ISB	D7484	E.3.2.5.11				X	X
康明斯 M11	D6838	E.3.2.5.10	X				
康明斯 M11 EGR	D6975	E.3.2.5.10		X	X		
Mack T-8 法	D5967	E.3.2.5.6					
Mack T-8E 法	D5967	E.3.2.5.6	X	X	X		
Mack T-9 法	D6483	E.3.2.5.5	X				
Mack T-10 法	D6987/D6987M	E.3.2.5.7	X	X	X		
Mack T-10A 法	D4684 中 75 小时的废油	E.4.2.6		X	X		
Mack T-11 法	D7156	E.3.2.5.13			X	X	X
Mack T-11A 法	D6896	E.4.2.8			X	X	X
Mack T-12 法	D7422	E.3.2.5.12		X	X	X	X
沃尔沃 (Volvo) T-13	D8048	E.3.2.5.15					X
滚子从动件磨损试验	D5966	E.3.2.5.8	X	X	X	X	X
康明斯 HTCBT	D6594	E.4.2.9	X	X	X	X	X
弹性体相容性 (HD)	D7216	E.4.2.7		X	X		

E.3.2.5 在 E.3.2.5.1 至 E.3.2.5.16 中给出了互换基础油料所需的重型发动机试验。BOI 指南根据 API 基础油料类别以及原试验油和候选油配方中使用的基础油料量而有所不同。除非另有说明，否则所有的百分比均指总配方的质量百分比。

为支持针对包含在 API 服务类别中的各重型发动机试验而制定 BOI 和 VGRA 指南，开展测试。测试使用了具有一定物性范围的基础油料、基础油和成品油。这些物理特性对润滑油性能影响的重要性对于每项试验或试验类型来说都可能有所不同。基础油料、基础油和/或成品油的数据包括在以下表 E-18 中。这些数值仅供参考，不代表对这些指南的解释有任何限制。

表 E-18—为开展 API 服务类别中包含的重型发动机试验，引用基础油料、基础油、成品油数据来支持 BOI/VGRA 指南制定

发动机试验	基础油料类别	BOV100 范围, mm <sup>2</sup> /S	基础油 VI 范围	基础油饱和度范围 (D7419), wt%	基础油饱和度范围 (D2007), wt%	粘度等级范围
T-13	II	5.6 至 7.1	108 至 118	97.4 至 99.8 以上	94.7 至 98.3	10W-30 <sup>a</sup> , 10W-40, 15W-40
COAT	II	5.5 至 7.3	108 至 115	97.4 至 99.8 以上	94.7 至 98.0	10W-30, 10W-40, 15W-40 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>用于 BOI 指南制定的粘度等级。

E.3.2.5.1 对于互换基础油料所需的卡特彼勒 (Caterpillar) 1K 试验，具体要求见表 E-19。

表 E-19—互换基础油料需要进行的卡特彼勒 (Caterpillar) 1K 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
I 类	不需要	不需要	≤30% 不需要 ----- >30%需要	≤ 30%不需要 ----- >30%需要	需要
II 类	不需要	不需要	≤ 30%不需要 ----- >30%需要	≤ 30%不需要 ----- >30%需要	需要
III 类	需要	需要	需要	需要	需要
IV 类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求，则不需要。	需要
V 类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.2 对于互换基础油料所需的卡特彼勒 (Caterpillar) 1N 试验，具体要求见表 E-20。

表 E-20—互换基础油料需要进行的卡特彼勒（Caterpillar）1N 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
I 类	不需要	不需要	需要	需要	需要
II 类	不需要	不需要	需要	需要	需要
III 类	需要	需要	需要	需要	需要
IV 类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求，则不需要。	需要
V 类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.3 对于互换基础油料所需的卡特彼勒（Caterpillar）1R 试验，具体要求见表 E-21。

表 E-21—互换基础油料需要进行的卡特彼勒（Caterpillar）1R 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
I 类	不需要	不需要	需要	需要	需要
II 类	需要	不需要	需要	需要	需要
III 类	需要	需要	需要	需要	需要
IV 类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求，则不需要。	需要
V 类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.4 对于互换基础油料所需的卡特彼勒（Caterpillar）1P 试验，具体要求见表 E-22。

表 E-22—互换基础油料需要进行的卡特彼勒（Caterpillar）1P 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
I 类	不需要	对于 CH-4 来说，只需要一份 II 类基础油料；对于 CI-4 来说，不需要。	需要	需要	需要
II 类	不需要	不需要	需要	需要	需要
III 类	需要	需要	需要	需要	需要
IV 类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求，则不需要。	需要
V 类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.5 对于互换基础油料所需的 Mack T-9 试验，具体要求见表 E-23。

表 E-23—互换基础油料需要进行的 Mack T-9 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	不需要, 如果含硫量 $\leq$ 原试验油, 且饱和度 $\geq$ 原试验油	不需要	$\leq 30\%$ 不需要 ----- >30% 需要	$\leq 30\%$ 不需要 ----- >30% 需要	需要
II类	需要	不需要, 如果饱和度和 $\geq$ 原试验油	$\leq 30\%$ 不需要 ----- >30% 需要	$\leq 30\%$ 不需要 ----- >30% 需要	需要
III类	需要	需要	需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.6 对于互换基础油料所需的 Mack T-8 和 T-8E 试验, 具体要求见表 E-24。

表 E-24—互换基础油料需要进行的 Mack T-8/T-8E 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	如果满足下列两个条件中任意一个, 则不需要: 1. 原油的饱和度 $\geq 80\%$ , 且互换基础油的饱和度 $\geq$ 原试验油 2. 原始油的饱和度 $< 80\%$ , 在 95%的置信水平下, 互换基础油的饱和度 $\geq$ 原始油的饱和度 (见 E.3.3.5 中的例子)。	不需要	不需要	不需要	需要
II类	需要	不需要, 如果饱和度和 $\geq$ 原试验油	不需要	不需要	需要
III类	需要	需要	需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.7 对于互换基础油料所需的 Mack T-10 试验, 互换基础油料的具体要求见表 E-25。

表 E-25—互换基础油料需要进行的 Mack T-10 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	不需要, 如果: 饱和度 $\geq$ 原试验油 且 含硫量 $\leq$ 原试验油 且 BOV 在 100°C 下 $\geq$ BOV 在 100°C 下的原试验油	不需要, 如果: 饱和度 $\geq$ 原试验油 且 BOV 在 100°C 下 $\geq$ BOV 在 100°C 下的原试验油	$\leq 30\%$ 不需要, 如果: 饱和度 $\geq$ 原试验油 且 BOV 在 100°C 下 $\geq$ 在 100°C 下的原试验油 ----- >30% 需要	$\leq 30\%$ 不需要, 如果: 饱和度 $\geq$ 原试验油 且 BOV 在 100°C 下 $\geq$ 在 100°C 下的原试验油 ----- >30% 需要	需要
II类	需要	不需要, 如果饱和度 $\geq$ 原试验油, 且 BOV 在 100°C 下 $\geq$ BOV 在 100°C 下的原试验油	$\leq 30\%$ 不需要, 如果: 饱和度和 $\geq$ 原试验油, 且 BOV 在 100°C 下 $\geq$ 在 100°C 下的原试验油 ----- >30% 需要	$\leq 30\%$ 不需要, 如果: 饱和度 $\geq$ 原试验油, 且 BOV 在 100°C 下 $\geq$ 在 100°C 下的原试验油 ----- >30% 需要	需要
III类	需要	需要	需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.8 对于互换基础油料所需的转子从动件磨损试验, 具体要求见表 E-26。

表 E-26—互换基础油料需要进行的 RFWT

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	不需要	不需要	$\leq 30\%$ 不需要 ----- >30% 需要	$\leq 30\%$ 不需要 ----- >30% 需要	需要
II类	仅在 I 类基础油料中需要	不需要	$\leq 30\%$ 不需要 ----- >30% 需要	$\leq 30\%$ 不需要 ----- >30% 需要	需要
III类	需要	需要	需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.9 对于互换基础油料所需的发动机机油曝气试验 (EOAT), 具体要求见表 E-27。



表 E-27—互换基础油料需要进行的 EOAT

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	不需要	不需要	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	需要
II类	不需要	不需要	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	需要
III类	需要	需要	需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求，则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.10 对于互换基础油料所需的康明斯 M11 和 M11 EGR 试验，具体要求见表 E-28。

表 E-28—互换基础油料需要进行的康明斯 M11/M11 EGR 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	不需要，如果： 饱和度≥原试验油 且，含硫量≤原试验油	不需要	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	需要
II类	需要	不需要，如果 饱和度≥原试验油	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	需要
III类	需要	需要	需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求，则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.11 对于互换基础油料所需的康明斯 ISM 和 ISB 试验，具体要求见表 E-5。

E.3.2.5.11.1 如果在某项技术上只有一个合格的康明斯 ISM 或 ISB 试验，则表 E-29 适用。

表 E-29—基础油互换需要进行的康明斯 ISM 和 ISB 试验

原试验油中的 基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	不需要，如果： 饱和度≥原试验油 且，含硫量≤原试验油	不需要	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	需要
II类	需要	不需要，如果饱 和度≥原试验油	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	≤ 30% 不需要 ----- >30% 需要	需要
III类	需要	需要	需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化 学特性方面符合原制造商的规 格要求，则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.11.2 当对于某项技术可进行一次以上康明斯 ISM 或 ISB 合格试验时，如果 100°C 下的候选基础油混合物饱和度、含硫量和基础油 KV 属于 100°C 下原合格油（至少经过两次试验/通过两次试验）中基础油混合物的饱和度、含硫量和基础油 KV 范围，且候选油的 III 类含量属于原合格油 III 类含量范围，则允许 BOI。

E.3.2.5.12 对于互换基础油料所需的 Mack T-12 试验，具体要求见下文。

E.3.2.5.12.1 如果在某项技术上只能进行一次 Mack T-12 合格试验，则表 E-30 适用。

表 E-30—基础油互换需要进行的 Mack T-12 法试验

原试验油中的 基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	不需要, 如果: 饱和度≥原试验油 且 含硫量≤原试验油 且 BOV 在 100°C 下≥ 在 100°C 下的原试 验油	不需要, 如果: 饱和度≥原试验油 且 BOV 在 100°C 下≥ BOV 在 100°C 下的原 试验油	≤30% 不需要, 如果: 饱和度≥原试验油 且 BOV 在 100°C 下≥在 100°C 下的原试验油 ----- >30% 需要	≤30% 不需要, 如果: 饱和度≥原试验油 且 BOV 在 100°C 下≥在 100°C 下的原试验油 ----- >30% 需要	需要
II类	需要	不需要, 如果: 饱和度≥原试验油 且 BOV 在 100°C 下≥在 100°C 下的原试验油	≤30% 不需要, 如果: 饱和度≥原试验油 且 BOV 在 100°C 下≥在 100°C 下的原试验油 ----- >30% 需要	≤30% 不需要, 如果: 饱和度≥原试验油 且 BOV 在 100°C 下≥在 100°C 下的原试验油 ----- >30% 需要	需要
III类	需要	需要	需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和 化学特性方面符合原制造商 的规格要求, 则不需要。	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.12.2 当对于某项技术可进行一次以上 Mack T-12 合格试验时, 如果 100°C 下提出的互换油基础油混合物的饱和度、含硫量和基础油 KV 属于 100°C 下原合格油 (至少经过两次试验/通过两次试验) 中基础油混合物的饱和度、含硫量和基础油粘度范围, 且候选油的 III 类含量属于原合格油 III 类含量范围, 则允许 BOI。

E.3.2.5.13 所有在 2006 年 4 月 28 日之后开始的 Mack T-11 发动机试验的基础油互换, 都可以用表 E-31 或表 E-32 或图 E-1 中提供的方法来确定。表 E-31、表 E-32 和图 E-1 都规定了可与原试验油互换的候选油的最低饱和度。

表 E-31—Mack T-11 的 BOI 饱和度要求 (在某范围内)

试验油	候选油
$X \leq 70.0$	最小 80.0
$70.0 < X < 95.0$	最小 $(0.6 \cdot X + 38)$
$X \geq 95.0$	最小 95.0

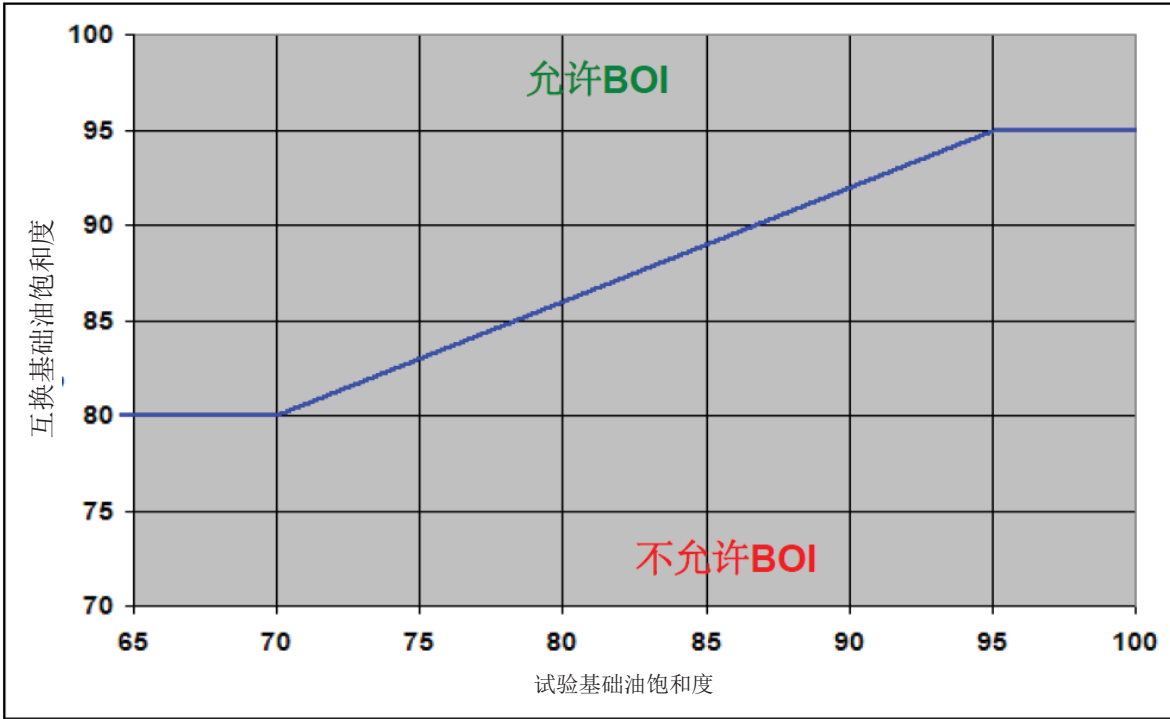


图 E-1—Mack T-11 的 BOI 饱和度要求（根据绘图）

表 E-32—Mack T-11 的 BOI 饱和度要求（互换需要的最低饱和度）

为获得许可而在最初进行试验的基础油	互换基础油的最低饱和度
≤70.0	80.0
71.0	80.6
72.0	81.2
73.0	81.8
74.0	82.4
75.0	83.0
76.0	83.6
77.0	84.2
78.0	84.8
79.0	85.4

表 E-32—Mack T-11 的 BOI 饱和度要求（互换需要的最低饱和度）（续表）

为获得许可而在最初进行试验的基础油	互换基础油的最低饱和度
80.0	86.0
81.0	86.6
82.0	87.2
83.0	87.8
84.0	88.4
85.0	89.0
86.0	89.6
87.0	90.2
88.0	90.8
89.0	91.4
90.0	92.0
91.0	92.6
92.0	93.2
93.0	93.8
94.0	94.4
≥95.0	95.0

E.3.2.5.14 在 E.3.2.5.14.1 和 E.3.2.5.14.2 中描述了 I、II 和 III 类产品中卡特彼勒（Caterpillar）C13 试验基础油的互换指南（见下文注释）。表 E-1 中列出了基础油料和基础油混合特性的可接受的试验方法。可以理解的是，在比较特性时，要考虑到方法的精确度。

注：

- 1) 候选油中 III 类典型粘度指数必须比合格的 C13 油中 III 类典型粘度指数高不超过 6 个单位，不考虑测试精度容差。
- 2) PAO（IV 类）可以按照 E.1.3 的 d 项进行互换。
- 3) 当存在 V 类基础油料时，必须进行 C13 试验。

E.3.2.5.14.1 如果某项技术只能进行一次 C13 合格试验，而且合格 C13 油品和候选油中只有 II 类和/或 III 类基础油料，那么当候选油的基础油混合物粘度指数（VI）等于或低于合格 C13 油的基础油混合物粘度指数时，则允许 C13 BOI（见下文注释）。如果合格的 C13 油品或候选油中存在 I 类基础油料，那么如果候选油的基础油混合物与合格的 C13 油品的基础油混合物相比，具有相同的饱和度，相同或更低的含硫量，以及相同或更低的粘度指数，则允许 C13 BOI。当 C13 合格油品中存在 III 类基础油料时，还需遵循其他指南：

- a. 候选油的 III 类含量必须等于或低于合格油。
- b. 候选油中 III 类典型粘度指数必须比合格的 C13 油中 III 类典型粘度指数高不超过 6 个单位，不考虑测试精度容差。

类似下列这样的工作表可以用于确定候选油特性是否符合上述 C13 BOI 的标准。接下来的示例说明了工作表应该如何使用。

工作表 1: 如果在候选油和及格油中只有 II 类和/或 III 类

	候选油		合格油
基础油混合物粘度指数		<或=	
III 类含量, 在油中的百分比		<或=	
III 类粘度指数		见上文 b	

示例, 含工作表 1: 如果在候选油和及格油中只有 II 类和/或 III 类

	候选油		合格油
基础油混合物黏度指数	104	<或=	115
III 类含量, 在油中的百分比	13.5	<或=	40
III 类 VI	126	见上文 b	126

在上述示例中, 当与合格油比较时, 确定候选油特性符合 BOI 标准。对于该候选油, 允许 BOI。

工作表 2: 如果 I 类在候选油或合格油中

	候选油		合格油
基础油混合物饱和度, %		=	
基础油含硫量, ppm		<或=	
基础油混合物粘度指数		<或=	
III 类含量, 在油中的百分比		<或=	
III 类粘度指数		见上文 b	

示例, 含工作表 2: 如果 I 类在候选油或合格油中

	候选油		合格油
基础油混合物饱和度, %	87	=	87
基础油含硫量, ppm	347 <sup>a</sup>	<或=	320
基础油混合物粘度指数	93	<或=	99
III 类含量, 在油中的百分比	0	<或=	15
III 类粘度指数	---	见上文 b	128

<sup>a</sup>需要运用方法精确度。

在上述当与合格油比较时，确定候选油特性符合 BOI 标准。在这种情况下，含硫量检测方法精度显示含硫量相同（D2622，320 ppm +/- 41 ppm，包括 347 ppm）。对于该候选油，允许 BOI。

**E.3.2.5.14.2** 当对于某项技术可进行一次以上 C13 合格试验时，如果候选基础油混合物饱和度、含硫量和粘度指数属于原合格油（至少两种经过试验的油/合格油）中基础油混合物的饱和度、含硫量和 VI 范围，且候选油的 III 类含量属于原合格油 III 类含量范围，则允许 BOI。此外，候选油中 III 类典型粘度指数必须比合格的 C13 油中 III 类典型粘度指数高不超过 6 个单位，不考虑测试精度容差。

类似下列这样的工作表可以用于确定候选油特性是否符合上述 C13 BOI 的标准。下列示例说明了工作表应该如何使用。

工作表 3：如果对于某技术，可进行超过一次 C13 合格试验

	合格油 1	合格油 2	候选油
基础油混合物饱和度，%			
基础油含硫量，ppm			
基础油混合物粘度指数			
III 类含量，在油中的百分比			
III 类粘度指数（见上文 b）			
是否需要 C13?			是/否?
理由			

示例 1，含工作表 3：如果对于某技术，可进行超过一次 C13 合格试验

	合格油 1	合格油 2	候选油
基础油混合物饱和度，%	87	96	87
基础油含硫量，ppm	347	0	320
基础油混合物粘度指数	93	115	99
III 类含量，在油中的百分比	0	40	15
III 类黏度指数（见上文 b）	--	126	128
催化剂 C13	通过	通过	
是否需要 C13?			否
理由			允许 BOI。饱和度、含硫量、粘度指数和 III 类含量属于矩阵范围。候选油 III 类粘度指数属于可接受的+6 范围。

示例 2，含工作表 3：如果对于某技术，可进行超过一次 C13 合格试验

	合格油 1	合格油 2	候选油
基础油混合物饱和度, %	87	96	94
基础油含硫量, ppm	347	0	90
基础油混合物粘度指数	93	115	112
III 类含量, 在油中的百分比	0	40	20
III 类 VI (见上文 b)	--	126	134
催化剂 C-13	通过	通过	
是否需要 C-13?			是
理由			不允许 BOI。基础油饱和度、含硫量和粘度指数属于矩阵范围, 但候选 III 类粘度指数不在允许的+6 范围。

E.3.2.5.15 如果在某项技术上只能进行一次沃尔沃 T-13 合格试验, 则表 E-33 适用。

表 E-33—互换基础油料需要进行的沃尔沃 T-13 试验

原试验油中的 基础油料	互换基础油料				
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
I 类	需要	需要	需要	需要	需要
II 类	需要	不需要	需要	需要	需要
III 类	需要	需要	需要	需要	需要
IV 类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要。	需要
V 类	需要	需要	需要	需要	需要

E.3.2.5.16 如果在某项技术上只能进行一次卡特彼勒 (Caterpillar) 机油曝气试验 (COAT), 则表 E-34 适用。

表 E-34—互换基础油料需要进行的卡特彼勒 (Caterpillar) 机油曝气试验

原试验油中的 基础油料	互换基础油料				
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
I 类	需要	需要	需要	需要	需要
II 类	需要	不需要	需要	需要	需要
III 类	需要	需要	需要	需要	需要
IV 类	需要	需要	需要	只要互换 IV 类在所有物理和化学特性方面符合原制造商的规格要求, 则不需要。	需要
V 类	需要	需要	需要	需要	需要



### E.3.3 示例

#### E.3.3.1 综述

《API 基础油互换性指南》必须与《API SAE 粘度等级发动机试验指南》一起使用（见附录 F）。当原来批准的等级所含的互换基础油料质量百分比小于或等于 10%时，如果配方中的互换基础油料质量百分比大于 10%，则必须对较高的等级进行测试。

#### E.3.3.2 示例 1

在该示例中，某营销商想用基础油料 I 类体系内的 600N 基础油料交换 API 服务类别 CF-4 重质发动机机油。该营销商有两种产品参与了此次互换：一种是 SAE 15W-40 级，含 50% 100N 和 50% 250N 的 I 类基础油混合物，已通过粘度延伸和测试，另一种是 SAE 30 级，含有 35% 250N 和 65% 600N 的 I 类基础油混合物，也已通过粘度延伸和测试。

营销商需要采取以下步骤：

- a. 查看《API SAE 粘度等级发动机试验指南》。部分重质发动机机油可以从多级向单级延伸。其他可以从单级向多级延伸。据此，开展原基础油料批准测试。
- b. 查看《API 基础油可互换性指南》。由于 SAE 15W-40 产品不含（即，低于配方的 10%）任何 I 类 600N 互换原料油料，因此无需测试。此外，当使用其他来源 600N 的 I 类基础油料时，对于 SAE30 产品无需进行测试。对于 CF-4 润滑油，允许 I 类和 I 类互换。

#### E.3.3.3 示例 2

在本示例中，营销商向用于经完全批准的 API CF-4 SAE 15W-40 重质发动机机油中的基础油料 II 类体系换成 I 类体系以及 I 类和 II 类油料混合物。该经批准的 SAE 15W-40 级机油由 65% 的 100N 和 35% 的 240N 混合得到的 II 类基础油混合物制成。

营销商需要查看《基础油可互换性指南》。这两种互换均无需进行发动机测试。

#### E.3.3.4 其他示例

关于应用《基础油互换性指南》的其他示例可在附录 M 中找到。

#### E.3.3.5 表 E-20 的饱和度计算示例

下列计算用于确定当原试验基础油和打算互换的基础油饱和度低于 80%时，是否可以免除 Mack T-8 或 T-8E 试验。如果新的基础油饱和度百分比不高于或等于在 95%置信度的原试验基础油中的饱和度百分比，则需要为基

基础油互换开展 Mack T-8 或 T-8E 试验。计算方式如下：

两种方法的差值（Z 值计算，单侧假设正态分布）：

$$X_1 - X_2 \geq 1.645 \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

式中，X=饱和度确定方式

$\sigma$ =开展分析的实验室的标准偏差

n=确定次数

下标 1 和 2 分别指互换基础油和原基础油

ASTM D 2007 的饱和度测定必须在标准偏差为 1.5 或更小的实验室内进行，内部参考油的饱和度低于 80%。

如果进行原始 70.0%饱和度基础油和互换基础油测定的实验室的 ASTM D2007 标准偏差为 1.5，并进行单一饱和度测定，则所有 API I 类基础油的饱和度至少高出 3.48%（最低饱和度为 73.48%）时，可免于进行 Mack T-8 或 Mack T-8E 试验。

$$X_1 - X_2 \geq 1.645 \sqrt{\frac{(1.5)^2}{1} + \frac{(1.5)^2}{1}}$$

$$X_1 - X_2 \geq (1.645)(1.5)\sqrt{2}$$

$$X_1 - X_2 \geq 3.48$$

如果在上述计算中，ASTM D 2007 实验室标准偏差都是 0.7 而不是 1.5，并进行单一测定，则允许对所有饱和度至少高出 1.63%（最低饱和度 71.63%）的 API 的 I 类基础油免除 Mack T-8 或 Mack T-8E 试验。

## E.4 台架试验互换

### E.4.1 指南

E.4.1.1 在 API 许可的油品中互换基础油料时，需要进行完整的台架试验，除非在以下指南中注明不用进行试验。

### E.4.2 用既定的交换测试指南进行台架试验

#### E.4.2.1 TEOST 33C

E.4.2.1.1 根据提交给 API 的现有 TEOST 33（ASTM D 6335）台架试验数据，须在表 E-35 中规定的 TEOST 33 测试合格后，才能互换基础油料。

表 E-35—互换基础油料需要进行的 TEOST 33 合格试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料 (仅适用于 SAE 5W-30 和更高粘度等级。)				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	不需要	不需要	需要	需要	需要
II类	不需要	不需要	不需要	需要	需要
III类	需要	不需要	不需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	需要	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

### E.4.2.2 TEOST MHT

E.4.2.2.1 根据提交给 API 的现有 TEOST MHT (ASTM D 7097) 台架试验数据, 须在表 E-36 中规定的 TEOST MHT 试验合格后, 才能互换基础油料。

表 E-36—互换基础油料需要进行的 TEOST MHT 试验

原试验油中的基础油料	互换基础油料				
	I类	II类	III类	IV类	V类
I类	不需要, 如果含硫量 $\geq$ 原试验油, 且饱和度 $\leq$ 原试验油	需要	需要	需要	需要
II类	不需要	不需要	不需要	需要	需要
III类	需要	不需要	需要	需要	需要
IV类	需要	需要	需要	需要	需要
V类	需要	需要	需要	需要	需要

E.4.2.3 均匀性和混杂性 (H&M) ASTM D 6922 和发动机机油过滤性 (EOFT) ASTM D 6795【以前称为 GM 9099P 过滤性 (标准方法)】测试。

E.4.2.3.1 均匀性和混杂性 (H&M) ASTM D 6922 和发动机机油过滤性 (EOFT) ASTM D 6795【以前称为 GM 9099P 过滤性 (标准方法)】测试需要在核心数据集内代表的一个粘度等级中进行。每次基础油互换只需要进行一次 H&M 和一次 EOFT 试验。(核心数据集定义见 ACC 实施规程。) 核心数据集通常以 SAE 5W-30、10W-30、10W-40 或 15W-40 粘度等级开发。

### E.4.2.4 发动机机油耐水试验 (EOWTT) ASTM D 6794

E.4.2.4.1 仅对于最高添加剂 (DI/VM) 组合的粘度等级, 需要对每次基础油互换开展发动机机油耐水试验 (EOWTT) ASTM D 6794【曾称为 GM 9099P 过滤性 (针对 ILSAC GF-2/GF-3 的改进方法)】。

### E.4.2.5 球体锈蚀试验 (BRT) ASTM D 6557

E.4.2.5.1 如果在核心数据集中有一次球体锈蚀试验 (BRT) ASTM D 6557 的合格记录, 则按照 ACC 实施规程

的规定，允许对所有其他粘度等级和基础油体系进行延伸。

#### E.4.2.6 Mack T-10A 或 Mack T-12A

E.4.2.6.1 如果互换基础油的饱和度和含硫量（在两次分析试验精确度范围内）在原始油（至少两种油）内基础油的饱和度和含硫量范围内，并且-20°时交换的新鲜油 MRV-TP1（ASTM D 4684）等于或低于 BOI 矩阵限值，则 Mack T-10A 或 Mack T-12A 试验均无需进行。

BOI 矩阵限值定义如下：

$$BOI \text{ 矩阵限值} = 25000 - \text{安全裕度}$$

安全裕度定义如下：

$$\text{安全裕度} = Y1 - X1、Y2 - X2, \text{ 或 } 0 \text{ 三者中的最大者}$$

式中：X1=原始油 1 在-20°C 时新鲜油的 MRV-TP1

X2=原始油 2 在-20°C 时新鲜油的 MRV-TP1

Y1=原始油 1 的 75 小时 T-10A 或 T-12A 油样在-20°C 时的 MRV-TP1

Y2=原始油 2 的 75 小时 T-10A 或 T-12A 油样在-20°C 时的 MRV-TP1

本指南应用示例见表 E-37。

表 E-37—T-10A 或 T-12A 的 BOI 指南应用示例<sup>a</sup>

	矩阵油 1	矩阵油 2	候选油 A	候选油 B	候选油 C
基础油饱和度，质量百分数	99	65	70	80	75
基础油含硫量，质量百分数	<0.002	0.7	0.5	0.3	0.8
基础油的饱和度是否在矩阵范围内 （在试验精度范围内）？			是	是	是
基础油的含硫量是否在矩阵范围内 （在试验精度范围内）？			是	是	否
-20°C 时新鲜油的 MRV-TP1, cP	12000	15000	16000	20000	不足取
T-10A 或 T-12A -20°C 时的 MRV-TP1, cP	18000	16000			
屈服应力, Pa	0	0			
安全裕度	（18000-12000）或（16000-15000）或 0 = 6000 中的最大值				
BOI 矩阵限值	25000-6000 = 19000		19000	19000	19000
是否需要试验？			否	是	是
理由			新鲜油 MRV-TP1 小于 BOI 矩阵限值	新鲜油 MRV-TP1 大于 BOI 矩阵限值	基础油含硫量不 在矩阵范围内

<sup>a</sup>T-10A = Mack T-10A 发动机试验；T-12A = Mack T-12A 发动机试验。

#### E.4.2.7 柴油弹性体相容性试验（ASTM D7216 附录 A1）<sup>2</sup>

E.4.2.7.1 如果互换基础油的饱和度和含硫量（在测试的精度范围内）在原始候选油（至少两种候选油）中基础油的饱和度和含硫量的范围内，并且 DI 组合没有变化，则不需要进行柴油弹性体相容性试验（ASTM D7216 附录 A1）。本指南应用示例见表 E-38。

表 E-38—柴油弹性体相容性试验（ASTM D7216 附录 A1）BOI 指南应用

	矩阵油 1	矩阵油 2	候选油 A	候选油 B
基础油饱和度，质量百分数	99	65	70	80
基础油含硫量，质量百分数	<0.002	0.7	0.5	0.3
CI-4 弹性体相容性试验	通过	通过		
是否需要试验？			否	否
理由			基础油的饱和度和含硫量都在矩阵范围内	基础油的饱和度和含硫量都在矩阵范围内

#### E.4.2.8 Mack T-11A

E.4.2.8.1 除满足 Mack T-11 的 BOI 指南外，对于 Mack T-11A 的基础油互换，-20°C 时互换候选油的新鲜油 MRV-TP1（ASTM D 4684）必须小于或等于 20000 cP，且无屈服应力。

#### E.4.2.9 高温腐蚀台架试验（HTCBT）ASTM D 6594

E.4.2.9.1 如果在核心数据集有一次高温腐蚀台架试验（HTCBT）ASTM D 6594 的合格记录，则按照 ACC 实施规程的规定，允许对所有其他粘度等级和基础油体系进行延伸。

#### E.4.2.10 乳液保持度（ASTM D7563）

E.4.2.10.1 对于用 II 类和/或 III 类基础油料配制的油品，仅要求对最高添加剂（DI/VM）浓度的情况进行乳液保持度 ASTM D7563 测定。允许对所有其他 II 类、III 类以及使用相同或更低浓度的相同添加剂（DI/VM）组合的 II 类和 III 类基础油/粘度等级配方进行延伸。如果用 PPD 型换 DI/VI 组合，则需要进行测试。

#### E.4.2.11 PCMO 弹性体相容性试验（ASTM D7216 附录 A）<sup>2</sup>

E.4.2.12 II 类或 III 类或 II 类和 III 类混合物的核心数据集（如 ACC 规程定义）内出现的一次 PCMO 弹性体相容性试验（ASTM D7216 附录 A）合格记录，可以延伸至使用其他 II 类或 III 类或 II 类和 III 类基础油料组合进行的配

<sup>2</sup>根据 5106 投票进行改进

置。

E.4.2.13 此外，如果仅限于对 0W-20、0W-30、5W-20、5W-30、10W-30 和 10W-40 粘度等级进行延伸，则不设粘度等级限制。

E.4.2.14 如果互换基础油的基础油饱和度和含硫量（在测试的精度范围内）在原始候选油（至少两种候选油）中基础油饱和度和含硫量的范围内，并且 DI 组合没有变化，则不需要进行 PCMO 弹性体相容性试验（ASTM D7216 附录 A2）。本指南应用示例见表 E-39。

表 E-39—包括 API 的 I 类基础油料 PCMO 弹性体相容性试验示例

	矩阵油 1	矩阵油 2	候选油 A	候选油 B
基础油饱和度，质量百分数	85	99	92	96
基础油含硫量，质量百分数	0.2	0.0	0.17	0.01
GF-5 弹性体相容性试验	通过	通过		
是否需要试验？			否	否
理由			基础油含硫量和基础油粘度指数在矩阵范围内。	基础油含硫量和基础油粘度指数在矩阵范围内。