

北美最新汽油机油标准 ILSAC GF-4 与 ILSAC GF-3 比较

隋秀华 郭剑峰 朱和菊

(中石化润滑油分公司应用研究中心内燃机润滑剂研究室 北京 100085)

摘要: 简要回顾了 ILSAC GF-4 汽油机油标准的发展历史。介绍了 ILSAC GF-4 与 ILSAC GF-3 标准对汽油机油性能的要求, 并对它们在汽车尾气排放系统兼容性要求、抗磨损及抗氧化性能要求、旧油低温性能要求和燃料经济耐久性要求等方面的差异进行了比较, 剖析了北美最新汽油机油规格 ILSAC GF-4。

关键词: ILSAC GF-4; ILSAC GF-3; 汽油机油; 尾气排放

中图分类号: TE626.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-0150(2005)4-166-4

Comparison of the Newest Northern American Gasoline Engine Oil Standard of ILSAC GF-4 and ILSAC GF-3

Sui Xiuhua Guo Jianfeng Zhu Hejv

(Engine Oil Group, Application and Research Center, Lubricant Company, SINOPEC, Beijing 100085, China)

Abstract: Development history of the ILSAC GF-4 gasoline engine oil standard was introduced. Main performance requirements including engine and bench tests for ILSAC GF-4 and ILSAC GF-3 gasoline engine oils were discussed. To anatomize the newest northern American gasoline engine specification of ILSAC GF-4, comparison and analysis was made between GF-4 and GF-3, including automotive emission exhausts after-treatment system, anti-wear and antioxidant performances, aged oil (EOT) low-temperature viscosity performance, fuel economy improvement ability.

Keywords: ILSAC GF-4; ILSAC GF-3; gasoline engine oils; exhaust emission

国际润滑油标准及认可委员会 (ILSAC) 是由日本汽车制造商协会、戴姆勒克莱斯勒公司、福特汽车公司和通用汽车公司组成的国际性组织。该组织是日本和北美技术最先进的汽车生产商的代表, 也是走在世界前列的倡导节能与环保的实践者代表。随着日本和美国对汽车尾气排放的限制越来越苛刻, 许多降低排放的新技术在汽车上得到了应用。ILSAC/Oil (由汽车、石油、化学添加剂工业的代表组成) 委员会负责 GF-4 标准制定的相关工作。新汽车技术的不断涌现对发动机润滑油也提出了新的要求。当前, 对润滑油的要求主要包括: 对发动机尾气排放控制系统的适应性, 降低尾气排放; 改善燃料经济性; 延长发动机的保养周期。为了更好地满足新型汽车的使用要求, 经过广泛征求意见和讨论, ILSAC/Oil 委员会提出了最新汽油机油标准 GF-4, 在 2004 年 1 月 14 日发布, 并于同年 6 月 1 号第一次修订, 且确定了认证开始日期为 2004 年 7 月底。

但是, 之前围绕新的 GF-4 规格标准提出的问题确实比以前的规格标准要多得多。首先 ILSAC/Oil 委

员会肯定了当前汽油机油中的硫、磷浓度水平对催化剂的损害。而 SL/GF-3 只对磷含量进行限制, 规定了 0.10% (质量分数) 的上限, 对硫含量没有进行限制。他们明确提出 SL/GF-3 汽油机油中的硫磷含量水平已经对汽车尾气后处理催化剂造成损害, 明确了要在新规格 GF-4 油中降低硫磷含量的目标。但是, 新规格发动机油向前兼容性一度引起广泛的关注, 主要是新的 (2005 年及以后车型) 发动机排放系统对磷硫含量提出了比较严格的要求, 拟定的 GF-4 对磷含量进行了更严格的限制。但是, 汽巴公司曾经以目前公路上使用的汽车多数是 1996 年以后的车型提出异议, 因为这些车型排放系统的设计都是可以在不大于 0.10% (质量分数) 的磷水平下正常运转的。另外, 日本汽车制造协会 (JAMA) 和 ILSAC 意识到磷对抗磨损保护的重要性, 他们担心降低磷的含量会对润滑油的抗磨损保护性能造成不良影响, 尤其是出于对 2004 年以前车型的兼容性考虑, 提出了最小磷含量限制指标。大幅度降低硫和磷的含量确实会明显地减少对发动机尾气后处理系统催化剂的负面影响, 但降低磷的含量 (主要是 ZDDP 的加量) 依靠目前的润滑油技术还不能很好地解决在用汽车的磨损问题, 所以新标准将 GF-4 油的磷含量下限定为 0.06%。从 GF-3 到 GF-4, 仅仅把磷含量的上限从 0.10% 降到

收稿日期: 2004-08-02

作者简介: 隋秀华, 硕士研究生, 工程师。E-mail: suixiuh@sohu.com.

0.08%。除了对磷含量进行限制,GF-4 还对不同粘度级别 GF-4 油中的硫含量进行了不同的限制。这也意味着 GF-4 产品性能组成基础油的品质要求提高了,配方中其它抗磨剂和抗氧化剂剂量的增加,即添加剂的总剂量会明显增加。

ILSAC 汽油机油的粘度级别限于 SAE 0W-20, 0W-30, 5W-20, 5W-30, 和 10W-30。

表 1 ILSAC GF-4 与 ILSAC GF-3 汽油机油性能要求(台架试验要求)

项 目	GF-3	GF-4
催化剂相容性		
磷含量(ASTM D 4951)/%(最大)	0.10	0.08
硫含量(ASTM D 4951 或 ASTM D 2622):		
SAE 0W 和 5W 多级油/%(最大)	—	0.5
SAE 10W 多级油/%(最大)	—	0.7
磨损		
磷含量(ASTM D 4951)/%(最小)	—	0.06
挥发性		
蒸发损失(ASTM D 5800)/%(最大)	15	15
模拟蒸馏(ASTM D 6417)/%(最大)	10	10
高温沉积物(TEOST MHT)		
沉积物质量/mg(最大)	45	35
过滤性,流速降低		
EOFT(ASTM D 6795)/%(最大)	50	50
EOWTT(ASTM D 6794):		
和 0.6% 的水/%(最大)	50	50
和 1.0% 的水/%(最大)	50	50
和 2.0% 的水/%(最大)	50	50
和 3.0% 的水/%(最大)	50	50
泡沫性(倾向性/稳定性)(ASTM D 892(A))		
程序 I(24 ℃)(最大)	10/0	10/0
程序 II(93.5 ℃)(最大)	50/0	50/0
程序 III(后 24 ℃)(最大)	10/0	10/0
高温抗泡性(ASTM D 6082(A))		
程序 IV(150 ℃)	100/0	100/0
剪切稳定性		
(Seq. VIII, ASTM D 6709)		
10 h 后的 100 ℃ 运动粘度	在原粘度级 别范围内	在原粘度 级别范围内
均一性与混溶性(ASTM D 6922)	与参比油混 溶成均相	与参比油混 溶成均相
发动机锈蚀		
球锈蚀试验(ASTM D 6557)		
平均灰度值(最小)	100	100

1 ILSAC GF-4 与 ILSAC GF-3 汽油机油标准

ILSAC GF-4 和 GF-3 对新油的粘度要求与 SAE J300 一致,粘度级别限于 SAE 0W, 5W 和 10W 多级油,新油的凝胶指数都为 12(最大, ASTM D 5133)。表 1 列出了 ILSAC GF-4 与 ILSAC GF-3 对汽油机油性

能的要求——台架试验要求^[1,2]。表 2 列出了 ILSAC GF-4 与 ILSAC GF-3 对汽油机油性能的要求——发动机试验要求^[1,2]。

2 ILSAC GF-4 与 ILSAC GF-3 汽油机油性能规格差异

ILSAC 汽油机油的质量级别由 GF-3 上升到 GF-4,基本的推动力是排放、燃料经济性和发动机耐久性 3 个主要方面性能的提高。具体体现在对尾气后处理系统的相容性、磨损和氧化保护、低温性能、燃料经济耐久性这几个方面的指标有所要求或提高。

2.1 汽车尾气排放系统相容性

本次汽油机油的质量升级主要原动力之一是出于对发动机尾气后处理系统催化剂的相容性考虑的。因为目前大多数汽车发动机尾气后处理系统主要是用来降低碳氢化合物和氮氧化物。三元催化转化器是比较常用的汽油车尾气后处理装置。它是一种使用贵金属催化剂在一定的温度下将汽车排放物转化成危害程度小的物质的装置。催化转化器能同时把汽车尾气中的污染物主要是碳氢化合物、一氧化碳、氮氧化物转化为危害较小或者无危害的二氧化碳、水和氮,一般装在发动机和消声器之间的排气管上。降低碳氢化合物的含量目前主要是采用三元催化转化器,降低氮氧化物的主要手段除了三元催化转化器外,还有选择性催化还原转化器。这些催化转化器都是很敏感的,容易被污染,尤其是汽油燃料中的硫和发动机润滑油中的硫、磷都会使催化转化器不同程度地中毒,降低其转化效率。为了更好地发挥汽车催化转化器后处理系统的功效,从 GF-3 到 GF-4,对汽油发动机润滑油中磷含量的要求从 0.10%(最大)降低到 0.063% ~ 0.08%,而且 GF-4 第一次对汽油机油中的硫含量进行要求和限制。对 SAE 0W 和 5W 多级油,要求硫含量不大于 0.5%;对于 SAE 10W 多级油,要求硫含量不大于 0.7%。笔者没有见过太多关于 GF-4 硫含量的相关报道,个人认为之所以将 SAE 0W、5W 多级油和 SAE 10W 多级油区别对待,主要可能是基于基础油来源考虑。在 GF-4 规格的发展过程中,在由 Oil-ree (ILSAC/Oil 委员会主席)安排的 ILSAC/Oil 关于 GF-4 标准的最后一次讨论会议上(2003 年 12 月 17 日),用于生产新的 GF-4 产品的 API II 类基础油的来源问题成了广大与会会员关注和讨论的焦点^[3]。GF-4 规格对油品抗氧化、抗磨损性能的严格要求和更长的换油期要求使得 API I 类基础油在 GF-4 油配方中的比例明显下降,API II 类基础油在配方中的比例提高。API II 类基础油普遍比 API I 类基础油贵,而且来源有限,于是 API II 类基础油的来源和可负担性就成了该次大会一个真正的议题。因为 I 类基础油尤其

是国外的 I 类基础油中硫含量普遍偏大,而且 I 类基础油使用比例的增加可能要求增加添加剂的剂量,可能是为了加大在 10W 多级油中 I 类基础油的用量,

缓解对 II 类基础油的紧张需求,故 ILSAC/Oil 组织将 GF-4 10W 多级油中的硫含量指标定得相对于 0W 和 5W 多级油要稍松些。

表 2 ILSAC GF-4 与 ILSAC GF-3 对汽油机油性能的要求(发动机试验要求)

项 目	GF-3	GF-4
	ASTM Seq. III F	ASTM Seq. III G
磨损与增稠	40 ℃ 运动粘度增加:275% (最大)	40 ℃ 运动粘度增加:150% (最大)
	平均活塞裙部漆膜评分:9.0 (最小)	平均活塞环沉积物评分:3.5 (最小)
	活塞沉积物评分:4.0 min	热粘环:无
	热粘环:无	平均凸轮 + 挺杆磨损:60 μm (最大)
	平均凸轮 + 挺杆磨损:20 μm (最大)	
	低温粘度性质:报告	
旧油低温粘度	—	Seq. III GA, ASTM D 6593 ASTM D 4684 (MRV TP-1) 满足原级别或次高粘度级别指标要求
磨损、油泥及漆膜测试 (Seq. V G, ASTM D 6593)		
平均发动机油泥评分 (最小)	7.8	7.8
平均摇杆臂油泥评分 (最小)	8.0	8.0
平均发动机漆膜评分 (最小)	8.9	8.9
平均活塞裙部漆膜评分 (最小)	7.5	7.5
油网油泥/% (面积) (最大)	20	20
油网残余物/% (面积)	报告	报告
热粘压缩环	无	无
冷粘环	报告	报告
油环堵塞/% (面积)	报告	报告
转向销磨损 (8°缸, 平均)/μm	—	报告
环隙增加 (1°和 8°缸, 平均)/μm	—	报告
阀系磨损 (Seq. IV A, ASTM D 6891)		
平均凸轮磨损/μm (最大)	120 (7 个活塞平均)	90 (7 个活塞平均)
平均凸轮磨损/μm (最大)	127 (12 个活塞平均)	
(Seq. V E, ASTM D 6593) 最大凸轮磨损/μm (最大)	380 (对于磷含量大于 0.08% 的情况不要求)	—
轴承腐蚀 (Seq. VIII, ASTM D 6709)		
轴承失重/mg (最大)	26.4	26
燃料经济性	Seq. VIB, ASTM D 6837	Seq. VIB, ASTM D 6837
SAE 0W-20 和 5W-20 粘度级别:	参照 ASTM 参考油	参照 ASTM 参考油
16 h 老化后	2.0% FEI 1 (最小)	2.3% FEI 1 (最小)
96 h 老化后	1.7% FEI 2 (最小)	2.0% FEI 2 (最小)
SAE 0W-30 和 5W-30 粘度级别:		
16 h 老化后	1.6% FEI 1 (最小)	1.8% FEI 1 (最小)
96 h 老化后	1.3% FEI 2 (最小)	1.5% FEI 2 (最小)
	3.0% FEI1 + FEI2 (最小)	
SAE 10W-30 和其它粘度级别:		
16 h 老化后	0.9% FEI 1 (最小)	1.1% FEI 1 (最小)
96 h 老化后	0.6% FEI 2 (最小)	0.8% FEI 2 (最小)
	1.6% FEI1 + FEI2 (最小)	

2.2 抗磨损及抗氧化性能

为了更好地提高发动机的动力性,延长发动机的寿命,与 ILSAC GF-3 相比,新规格汽油发动机油 GF-4 在对发动机的抗磨损和抗氧化保护性能方面有更大幅度的提高。从规格要求看,主要体现在相关发动机和台架试验及指标的差异上。如表 1 和表 2 所示,

从 GF-3 到 GF-4,考察润滑油抗磨损及抗氧化能力的发动机试验从 ASTM Seq. III F 变为 ASTM Seq. III G。ASTM Seq. III F 主要试验条件为:在 155 ℃ (温度)、73.3 kW (负荷)和 3 600 r/min (转速)条件下,发动机运转 80 h。ASTM Seq. III G 测试使用相同的发动机,但试验条件为:在 150 ℃ (温度)、9.17 kW

(负荷)和 3 600 r/min (转速)条件下,发动机运转 100 h。从 ASTM Seq. III F 到 ASTM Seq. III G, 试验条件的苛刻程度几乎提高 1 倍,即使如此,GF-4 的某些试验指标甚至还有提高。如 40 °C 运动粘度增加值的限制指标由 GF-3 的 275% (最大)提高到 150% (最大),更加苛刻;再如高温沉积物评价试验 TEOST MHT, GF-4 对高温沉积物的要求从 GF-3 的不高于 45 mg 提高到不高于 35 mg,对汽油机油高温抗氧化性能提出更高的要求;对发动机阀系磨损 (Seq. IV A, ASTM D 6891),由平均凸轮磨损 120 μm (7 个平均,最大)、127 μm (12 个平均,最大)降为 90 μm (7 个平均,最大),要求 GF-4 油能更好地降低发动机阀系磨损。由以上试验条件和指标要求比较可以看出,与 ILSAC GF-3 相比,ILSAC GF-4 规格对汽油机油的抗磨损及抗氧化性能的要求明显提高。

2.3 旧油的低温性能

在使用以往规格的汽油机油过程中,出现过机油各项性能指标(包括低温动力粘度和边界泵送温度)都合格但在冬季低温下使用时润滑失效的事例^[1],为了尽可能地保证新规格的汽油机油在经使用一段时间后仍具有合适的低温泵送性能,ILSAC GF-4 规格对汽油发动机油使用一段时间后“旧油”的低温泵送性能进行了明确的规定,即 ASTM Seq. III GA 试验,用 ASTM D 4684 (MRV TP-1) (缓慢降温,持续 45 h)对 EOT 试验过油的粘度进行检测,结果必须满足本粘度级别或相邻(高 5 °C)高粘度级别的相应要求。如 10W/30 GF-4 EOT 油的 MRV TP-1 粘度必须满足 10W 或 15W 粘度级别的要求(-30 °C 的边界泵送粘度(MRV TP-1)不高于 60 000 mPa·s 或者 -25 °C 的边界泵送粘度(MRV TP-1)不高于 60 000 mPa·s)。同时,对凝胶指数的要求保持与 GF-3 相同,即不大于 12。

2.4 燃料经济耐久性

在当今世界能源紧缺的环境条件下,节省能源已成为世界性的课题和目标,ILSAC 就是一个倡导节能的国际性组织。从 ILSAC GF-2 到 ILSAC GF-3,燃料经济性的评定方法由 ASTM D 6202 (Seq. VIA) 变为程序 Seq. VIB。从 Seq. VIA 到 Seq. VIB,发动机试验条件变得更加苛刻。如试验时间由 80 h 延长至 96 h,试验油温度普遍升高,最高的油品试验温度由 105 °C 升高到 135 °C,而且,ILSAC GF-3 对燃料经济性的最低指标要求还保持与 ILSAC GF-2 相同。显然,相对于 ILSAC GF-2,ILSAC GF-3 对汽油机润滑油燃料经济性的要求有明显提高。从 GF-3 到 GF-4,评价方法保持不变,为 Seq. VIB,但燃料经济性的最低指标

要求明显提高,如表 2 所示。由此,可以看出 ILSAC 对汽油机油规格的升级,普遍伴有油品燃料经济性要求的提高。

3 结束语

环保、节能和经济耐久性一直是 ILSAC 对汽油机油油品规格标准进行升级的主要推动力。从 GF-3 到 GF-4,汽油发动机油的高温抗氧化性能评价要求更加苛刻(高温沉积物质量从不大于 45 mg 变为不大于 35 mg);对油品的抗磨损抗氧化能力的要求显著提高(发动机评价由 ASTM Seq. III F 变为 ASTM Seq. III G,且对阀系磨损的要求更加苛刻);对燃料经济性的要求更加严格;对尾气后处理催化剂的兼容,表现在要求润滑油中磷含量进一步降低,并对润滑油中硫含量作了限制。

以上性能的变化,对基础油和添加剂的组成和性能都提出了更加严格的要求。GF-4 对试验过油的低温性能提出了明确的要求,低温泵送粘度(MRV TP-1)的分析结果必须满足本粘度级别或相邻(高 5 °C)高粘度级别的相应要求;而且 GF-4 对油品抗氧化能力的要求也更加苛刻,对燃料经济性的要求也有所提升,这些都要求提供高质量(高低温性能好)的润滑油基础油,要求使用较多的 II、III 类基础油。从添加剂的角度看,对复合添加剂的组成尤其是对抗氧化抗磨损添加剂组成提出了更高的要求,对硫磷含量的进一步限制即对当前非常有效的二烷基二硫代磷酸锌(ZDDP)(抗氧抗磨剂)的用量提出了明确的限制,而 GF-4 对发动机抗氧化抗磨损性能的要求更加苛刻,使得添加剂公司要加大在抗氧化抗磨添加剂上的各种投入,如果当前不能有所突破,必然加大其它种类抗氧抗磨剂的加量,进而增加添加剂的总含量。

因此 GF-4 规格标准的发布,对润滑油和添加剂公司而言,都意味着大的挑战,但相关产品的投入市场,还是会使广大汽油车厂家和终端用户受益匪浅。

参考文献

- [1] ILSAC GF-4 STANDARD FOR PASSENGER CAR ENGINE OILS. International Lubricant Standardization and Approval Committee, Jan. 14, 2004.
- [2] ASTM International, ASTM D 4485-03, Standard Specification for Performance of Engine Oils, API SL-Related Energy Conserving Category.
- [3] In Homestretch, GF-4 Undergoes Tweaks. Industry News from LUBES-n-GREASES, LUBE REPORT, Volume 3 Issue 46.
- [4] Michael Batko, Dennis Florkowski, Victoria Ebeling, Rolf Geibach, Lewis Williams. Lubricant Requirements of Advanced Designed High performance, Fuel Efficient Low Emissions V-6 Engine. SAE Paper No. 2000-01-1899.