

长寿命复合锂基润滑脂性能研究

刘茜 张皓月 许扬 桃春生

(一汽解放汽车有限公司, 长春 130011)

摘要: 为快速选择汽车在不同工况下的最佳润滑脂,以测得样品的磨痕直径为评价指标,使用四球机模拟汽车正常行驶、重负荷、爬坡和高速4种实际工况,并结合滴点、蒸发损失和氧化安定性,对4种长寿命复合锂基润滑脂的性能进行研究,总结出不同工况下的最佳润滑脂。

关键词: 长寿命 实际工况 润滑脂 磨痕直径

中图分类号:U473.6 文献标志码:B DOI: 10.19710/J.cnki.1003-8817.20240371

Research on the Performance of Long-Life Composite Lithium-Based Lubricating Greases

Liu Qian, Zhang Haoyue, Xu Yang, Tao Chunsheng

(FAW Jiefang Automobile Co., Ltd., Changchun 130011)

Abstract: In order to rapidly select the best lubricating grease for vehicles in different conditions, 4 actual vehicle working conditions are simulated including normal driving, heavy load, climbing and high speed using a four-ball machine with the wear diameter of the measured sample as evaluation index. Combined with droplet point, evaporation loss and oxidation stability, the performance of 4 long-life composite lithium based grease is studied, and the best choice of lubricating grease under different using scenarios are summarized as well.

Key words: Long-life, Actual working conditions, Lubricating grease, Wear scar diamete

1 前言

润滑脂广泛应用于汽车润滑部位,具有降低表面温度、消除摩擦热、防止烧伤、减缓磨损的作用,可显著延长零部件寿命。汽车润滑部位中约60%为轴承与万向节,而轴承在高温、重载的工况下,对长寿命润滑脂在耐高温性、抗氧化性、抗磨性与机械安定性等方面提出了更高的性能要求^[1-2]。润滑脂由基础油、稠化剂和添加剂组成,其中,稠化剂主要包括锂基、复合锂、钙基、脲基等^[3-6],在润滑脂中形成三维网络的结构骨架,使基础油被吸附和固定在结构骨架中,决定了润滑脂

的机械安定性、耐高温性和抗水性等^[7-9]。

复合锂基润滑脂各项性能优越,市面上有多种价格和性能不同的长寿命复合锂基润滑脂,本文选择4种长寿命复合锂基润滑脂,在正常行驶(转速升高)、重负荷、爬坡(低速高载荷)和高速(高速低载荷)4种工况下,同时考虑温度、载荷、转速和运行时间,分析润滑脂的抗磨性能,以期快速选择最佳润滑脂。

2 试验材料和试验方法

2.1 试验材料

试验用的4种润滑脂的主要理化指标如表1

作者简介:刘茜(1995—),女,工程师,硕士学位,研究方向为车用油品。

参考文献引用格式:

刘茜,张皓月,许扬,等.长寿命复合锂基润滑脂性能研究[J].汽车工艺与材料,2025(1):37-40.

LIU Q, ZHANG H Y, XU Y, et al. Research on the Performance of Long-Life Composite Lithium-Based Lubricating Greases[J]. Automobile Technology & Material, 2025(1): 37-40.

所示。

表1 4种润滑脂主要理化指标

润滑脂	基础油类型	稠化剂类型	牌号
A(国内)	合成油	复合锂	2#
B(国外)	合成油	复合锂	2#
C(国内)	矿物油	复合锂	2#
D(国外)	矿物油	复合锂	2#

润滑脂的基础油可分为矿物油和合成油,其性能差异在此次试验中也进行了比较。

2.2 试验设备

本文试验所用的设备如表2所示。

表2 试验设备

序号	名称	型号	精度	生产厂家
1	润滑脂滴点测定仪	BF-21	2℃	大连北方分析仪器有限公司
2	润滑脂氧化安定性测定器	BF-55	0.1℃	大连北方分析仪器有限公司
3	四球摩擦磨损试验机	089-001-001	0.1 N	美国FALEX公司

2.3 试验方法

抗磨性能试验过程如下:

a. 将待测轴承材料制成球形试样,选择4个新的测试球,使用超声波浴在溶剂中清洁并吹干。将测试球固定在试验机的底座上,形成一个四球摩擦装置,在球杯中填入适量润滑脂并安装完毕。

b. 待四球机预热15 min后,在“主菜单”中按照试验要求设置载荷、温度、运行时间及转速,启动试验机。

c. 试验结束后,取下球杯,将测试球上的润滑脂擦拭干净,确保钢球表面洁净,使用显微镜观察,测量磨斑精度为0.01 mm。

3 性能测试

使用润滑脂滴点测定仪和润滑脂氧化安定性测定器对4种润滑脂的滴点、蒸发损失和氧化安定性进行测试,测试结果如表3所示。

润滑脂适用的工作温度是选择的重要依据。滴点为润滑脂受热时从不流动状态到流动状态的转变温度,可反映润滑脂使用时允许的最高温度。

本文采用GB 4929—1985《润滑脂滴点测定法》对滴点进行测定。由表3可知,润滑脂A和润滑脂B的滴点较高,耐高温程度接近,润滑脂C和润滑脂D的耐高温程度较弱。实际应用中,滴点越高,并不代表润滑脂越好,需结合蒸发损失、氧化安定性和抗磨性综合考虑。

表3 4种润滑脂主要理化指标结果

润滑脂	滴点/℃	蒸发损失/%	压力降/kPa
A(国内)	324	0.39	18
B(国外)	334	0.24	20
C(国内)	276	0.27	21
D(国外)	280	0.54	38

润滑脂基础油蒸发损失会导致润滑脂中的稠化剂占比增大,使用时内摩擦增大,降低润滑脂寿命。因此,蒸发损失在一定程度上反映了润滑脂的高温使用性能。蒸发损失越小,性能越好,因此,润滑脂B耐蒸发损失性能最佳。

润滑脂高温使用时会发生氧化,导致游离碱含量降低或游离有机酸含量升高,润滑脂的滴点、稠度、相似粘度下降,并生成具有腐蚀性和破坏结构的物质。本文采用SH/T 0325—1992《润滑脂氧化安定性测定法》对4种润滑脂的氧化安定性进行测量,其中,润滑脂A氧化安定性数值最小,抗氧化性能最佳。

4 结果分析与讨论

本文通过改变温度、载荷、转速和运行时间,充分模拟润滑脂在正常行驶、重负荷、爬坡和高速4种实际工况的使用情况。采用SH/T 0204—1992《润滑脂抗磨性能测定法(四球机法)》测定4种润滑脂的磨痕直径。

4.1 正常行驶

4种润滑脂在四球机中以载荷为392 N、温度为75℃的条件运行1 h,转速由900 r/min逐步提高至1 200 r/min,试验期间磨痕直径的变化如图1所示。

润滑脂的磨痕直径与转速无明显关系,说明转速产生的离心力并未破坏润滑脂的分油能力,抗磨性能相对稳定。润滑脂B和润滑脂D

比润滑脂 A 和润滑脂 C 具有更好的润滑性。这是由于合成油纯净度高,而矿物油以原油为主要原料直接提纯并通过添加相关添加剂制成,杂质多且流动性较差。因此,基础油为合成油的润滑脂成本偏高。

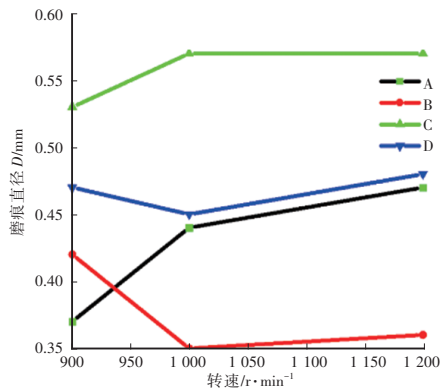


图1 4种润滑脂磨痕直径与试验转速的关系

在正常行驶的工况中,矿物油和合成油无太大差别,4种润滑脂均满足使用要求。因此,应选择成本较低的产品。

4.2 重负荷工况

在实际工况中,商用车常处于重负荷状态,载荷、温度和工作时间多个变量同时变化,无法准确研究润滑脂性能。因此,模拟试验通过控制单一变量法对润滑脂的使用性能进行研究。

4.2.1 载荷的影响

4种润滑脂在温度为75℃、转速为1200 r/min的条件下运行1 h,载荷由392 N逐渐提高至784 N,磨痕直径的变化如图2所示。

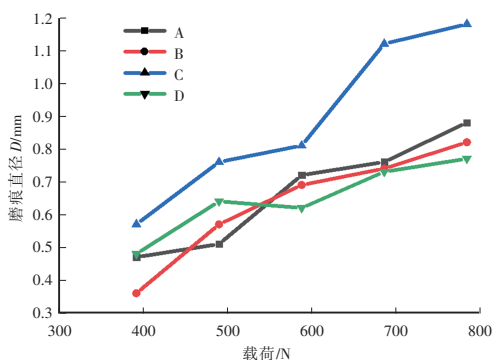


图2 4种润滑脂磨痕直径与试验载荷的关系

润滑脂的磨痕直径随着载荷的增加而增大,根据行车经验,通常当磨痕直径>0.6 mm时,润滑脂抗磨性能不足,需要更换润滑脂。由图2可知,润滑脂C不适用于重载荷的工作环境,润滑脂A性能中等,在载荷≥588 N时,润滑脂D的磨痕直径

未超过润滑脂B的磨痕直径,且成本更低,因此,推荐选择润滑脂D。

4.2.2 温度的影响

Kleinlein^[10]的研究表明,当轴承工作时,温度每上升10~15℃,润滑脂的使用寿命降低约50%,润滑脂的抗磨性能也随之下降。

在重负荷工作时,润滑脂的运行温度必然升高,润滑脂的使用性能会显著降低。将4种润滑脂的试验温度由75℃逐步升高至180℃,在载荷为392 N、转速为1200 r/min的条件下运行1 h,试验期间的磨痕直径变化如图3所示。

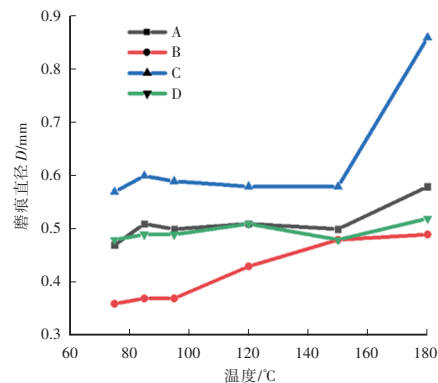


图3 4种润滑脂磨痕直径与试验温度的关系

由图3可知,在试验温度范围内,润滑脂B的磨痕直径小于其他润滑脂,且变化幅度最小,同时,与其他3种润滑脂相比,润滑脂B具有最高滴点、最小的蒸发损失和适中的氧化安定性。

当温度升至约150℃时,润滑脂C的磨痕直径突变,结合表2分析原因如下:

a. 在高温环境中运转时,润滑脂C的滴点相对较低,润滑脂中基础油的蒸发损失、内摩擦增大,产生摩擦热,使润滑脂硬化或干燥。

b. 润滑脂发生氧化反应后,产生的酸性物质腐蚀金属表面,破坏了润滑性,导致磨痕直径增大。

综上所述,在高温环境中,润滑脂B为最佳选择,润滑脂A、润滑脂D的性能适中,当温度高于150℃时不推荐使用润滑脂C。

4.2.3 工作时间的的影响

在载荷为392 N、转速为1200 r/min、温度为75℃的条件下,4种润滑脂的磨痕直径随试验时间的变化如图4所示。

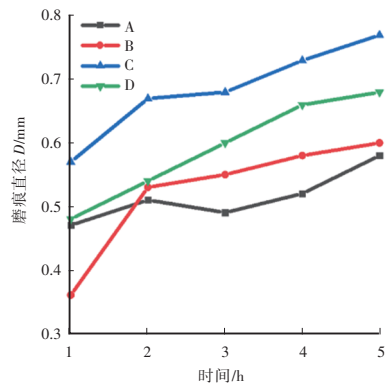


图 4 4 种润滑脂磨痕直径与工作时间的关系

随着试验时间增加,润滑脂磨痕直径逐渐变大。其中,润滑脂 A 的磨痕直径在 5 h 内均 <0.6 mm,润滑脂 C 变化明显,润滑脂 B、润滑脂 D 的性能中等,结果表明,润滑脂 A 具有相对稳定的抗磨性能,为最佳选择。

因此,综合考虑载荷、温度和工作时间对润滑脂工作状态的影响,在重负荷工况下应选用润滑脂 A。

4.3 爬坡和高速工况

为模拟爬坡和高速 2 种实际工况,4 种润滑脂分别在爬坡工况(转速为 700 r/min、载荷为 784 N、温度为 75 °C)和高速工况(转速为 1 200 r/min、载荷为 392 N、温度为 75 °C)下运转 1 h,磨痕直径的变化如表 4 所示。

表 4 4 种润滑脂磨痕直径 2 种工况下的变化

工况	磨痕直径 D/mm			
	润滑脂 A	润滑脂 B	润滑脂 C	润滑脂 D
爬坡	0.60	0.74	0.87	0.65
高速	0.47	0.36	0.57	0.48

在爬坡工况下,润滑脂 A 的磨痕直径最小,具有优异的抗磨性能且滴点较高,爬坡过程中的耐温性能好,但蒸发损失较大,使用一段时间后需及时更换。

在高速行驶时,润滑脂 B 表现出更优异的抗磨性能,但成本比国内产品高,润滑脂 A 更具有性价比。

5 结束语

采用四球机法模拟汽车正常行驶、重负荷、爬坡和高速 4 种实际工况,结合润滑脂的滴点、蒸发损失和氧化安定性分析得到以下结论:

a. 正常行驶时,基础油为合成油或矿物油的润滑脂均无明显区别,4 种润滑脂的滴点、蒸发损失和氧化安定性指标均满足使用要求,可选择成本较低的产品。

b. 重负荷行驶时,润滑脂的磨痕直径随着载荷、温度和工作时间的增加而变大,其中,润滑脂 A 具备较好的抗载荷、耐高温特性,且抗磨周期长、氧化安定性突出,为最佳选择。

c. 爬坡时,汽车处于高载荷工作状态,选用润滑脂 A 可满足使用要求。但当轴承磨损严重时,应及时更换轴承及润滑脂。

d. 高速行驶时,润滑脂 B 和润滑脂 A 的抗磨性、滴点、蒸发损失和氧化安定性性能指标均满足使用需求。因此,在不考虑成本的情况下,选用润滑脂 B。若考虑经济性,润滑脂 A 为最佳选择。

参考文献:

- [1] 艾罡, 万书晓, 程亮, 等. 车用轮毂轴承复合锂基润滑脂的组成和制备工艺对其性能的影响[J]. 润滑油, 2021, 36(2): 55-59.
- [2] 陆杭聪, 李兴林, 王秋成, 等. 全合成复合锂皂润滑脂的润滑寿命试验分析[J]. 轴承, 2015(4): 35-38+48.
- [3] 王卫攀, 王硕, 王学宇. 新型钙基复合磺酸钙润滑脂的合成与性能测定[J]. 河南化工, 2023, 40(7): 25-27.
- [4] 刘敬宇, 王文珍, 杨毅, 等. 聚脲润滑脂的研究现状及发展趋势[J]. 广东化工, 2019, 46(3): 96-98+95.
- [5] 曲铭海, 张朝阳, 杨志权, 等. 脲基功能化的咪唑无卤素离子液体对复合锂基润滑脂摩擦学性能的影响[J]. 摩擦学学报, 2020, 40(3): 339-345.
- [6] 赵坤, 苏达士. 汽车转向系统用四点接触球轴承润滑脂选用分析及测评[J]. 轴承, 2016(9): 46-47+51.
- [7] 丁鹏, 曹文辉, 刘朝斌, 等. 锂基润滑脂微观结构表征的扫描电镜样品制备方法及应用[J]. 石油学报(石油加工), 2023, 39(6): 1306-1315.
- [8] 刘焕晨, 王晓雨, 苏怀刚, 等. 纳米二氧化硅做稠化剂时添加量对润滑脂流变学行为及摩擦学性能的影响[J]. 摩擦学学报, 2023, 43(8): 916-927.
- [9] 王庆日, 赵丽, 高宇航, 等. 稠化剂纤维结构对低噪声润滑脂降噪性能的影响[J]. 轴承, 2022(5): 51-55.
- [10] KLEINLEIN E. Grease Test System for Improved Life of Ball and Roller Bearings[J]. Lubrication Engineering, 1992, 48(12): 916-922.