

不同结构 ZDDP 对液压油抗磨及过滤性能影响探析

崔建军 陈小雪 鲁强
(中国兵器工业集团盘锦北方沥青股份有限公司 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 液压油对保障液压系统稳定运行有重要的作用, 添加剂对液压油性能具有至关重要的影响。因此, 研究不同添加剂对液压油性能影响具有重要的意义。其中, ZDDP 是一款多效添加剂, 本文通过实验评价了不同结构 ZDDP 与其它添加剂之间的相互作用, 筛选出满足标准要求的复合剂配方, 将筛选后的复合剂配方调合成的液压油可通过 V104 泵台架测试, 具有优异的性能。

关键词: 液压油; ZDDP; 抗磨剂; 复合剂

0 引言

液压系统作为机械设备传动与控制的关键单元已被广泛应用于化工、矿业、车辆、机床等多种行业。随着机械设备自动化、精密化、复杂化的发展趋势, 对液压系统的工作可靠性要求也越来越高, 而液压油作为液压系统的传动介质, 对其工作稳定性、可靠性起到了至关重要的作用。因此, 液压油技术的发展直接影响着液压系统的升级。

液压油在液压系统中起到了润滑、冷却、密封、清洗等多重作用, 鉴于液压油的工作工况特点, 随着液压单元结构小型化, 工作功率、压力的提高, 液压油在系统中的循环频率不断提高, 使得油品在油箱中的休息时间越来越短, 致使液压油不能充分进行降温、油水分离、气体释放等。液压油温度的升高会直接影响油品的寿命, 这对液压油的高温稳定性、氧化安定性及清净性提出了更高的要求。

液压油研制的核心是抗磨剂的选择, 抗磨剂的选择要综合考虑四个方面的性能: 抗磨性、热稳定性、过滤性、水解安定性。一个性能优良的液压油配方, 不但需要良好的抗磨性能, 还要有良好的热稳定性和水解安定性。

1 实验结果与讨论

目前常用的抗磨剂主要为二烷基二硫代磷酸锌, 基于北方沥青股份有限公司生产的 40 万二减和 40 万二减底基础油, 一般采用四球试验机 (参照标准 GB/T3142 润滑剂承载能力测定法) 对油品进行抗磨性能测试。

1.1 四球试验

在单一的抗磨剂的作用下, 6#、7#、10#、11# 磨斑直径都小于 0.5, 抗磨性能优异。而 4# 没能完成测试, 抗磨性能最差, 1# 和 2# 磨斑直径大于 0.6, 抗磨性能相对较差。因此, 在对抗磨剂的抗磨性能筛选中, 淘汰 1#、2# 和 4# 抗磨剂。

在单剂四球测试中, 油膜强度是保障抗磨效果的前提。1# 和 2#ZDDP 在测试中所形成的油膜强度相对较差, 从而导致磨斑直径较大。4#ZDDP 在一开始的 2 分钟就出现卡死现象, 说明在测试中并没有形成油膜或形成的油膜强度极

差。

ZDDP 抗磨过程是一个复杂的油膜形成过程, 大致可以分为两种油膜, 热膜和摩擦膜。二硫代磷酸盐配体是不稳定的, 锌离子极易被其他金属 (如铁、铜) 离子所替换, 形成热力学更不稳定的 MDDP, 这对 ZDDP 抗磨活性具有重要的影响。当铁、铜等其他金属浸渍在 100 ℃ 以上的 ZDDP 溶液中时, 金属表面形成一透明固体状反应膜。热膜中的阳离子主要是锌, 几乎无其他金属离子, 膜的强度次于摩擦膜。摩擦膜是 ZDDP 抗磨性能的主要承担者, 它的形成温度低于热膜, 且只在滑动接触中形成, 滚动接触不能产生, 但摩擦膜的强度明显高于热膜。

在上述筛选后, 将抗磨表现良好的 5#、8#、10#、11#、12#、13#、14#、15#ZDDP 体系中加入抗氧剂 K-1, 清净剂 Q-1, 分散剂 F-1 等, 通过过滤性测试继续考察加入不同配方油品的过滤性能。

1.2 过滤性试验

液压油过滤性主要由两方面因素导致: 一是油中的污染物; 二是水解产生的不溶物。而不溶物的主要来源是 ZDDP 的水解, 因此测试 ZDDP 体系的湿式过滤性。湿式过滤性试验采用 ISO 13357 方法, 试验油品经过高温加水处理后, 在规定条件下通过平均孔径为 0.8 μm 的过滤膜。阶段 I 的测定依赖于油样通过滤膜时的平均流动速度和其初始流动速率的比较, 阶段 II 的测定依赖于油样通过滤膜时的初始速率和测试结束时的速率的比率。该方法是目前评价液压油湿式过滤性能最苛刻的方法。要求阶段 I (F I) 和阶段 II (F II) 不小于 50, 方法认为一个油品如果在阶段 II 拥有好的过滤性, 即使在非常差的工况下和使用精密的过滤器 (孔径小于 5 μm), 油品也不太可能出现过滤方面的问题。

因此, 对抗磨剂进行过滤性能筛选, 并配合使用抗氧剂 (K-1)、清净剂 (Q-1)、分散剂 (F-1)、防锈剂 (RI-1、RI-2), 测试湿式过滤性能, 测试结果如表 1 所示。

在只有 ZDDP 存在的体系中, 只有 W-19、W-38 体系

表 1 不同类型抗磨剂过滤性评价

	ZDDP	K-1	Q-1	F-1	RI-1	RI-2	F I	F II
W-16	5#						35.4	不可过滤
W-17	5#	✓	✓	✓	✓		47.7	39.2
W-18	5#	✓	✓	✓		✓	45.8	29.3
W-19	8#						50	不可过滤
W-20	8#	✓	✓	✓	✓		78.3	66.7
W-21	8#	✓	✓	✓		✓	62.3	33.6
W-22	10#						35.4	不可过滤
W-23	10#	✓	✓	✓	✓		49.1	33.3
W-24	10#	✓	✓	✓		✓	40.5	20.8
W-25	11#						34.2	不可过滤
W-26	11#	✓	✓	✓	✓		77.9	51.3
W-27	11#	✓	✓	✓		✓	68.5	41.2
W-28	12#						45.8	不可过滤
W-29	12#	✓	✓	✓	✓		58.3	49.3
W-30	12#	✓	✓	✓		✓	50.9	38.8
W-31	13#						43.8	不可过滤
W-32	13#	✓	✓	✓	✓		49.1	31.1
W-33	13#	✓	✓	✓		✓	42.3	28.9
W-34	14#						29.2	不可过滤
W-35	14#	✓	✓	✓	✓		53.7	45.3
W-36	14#	✓	✓	✓		✓	47.9	30.5
W-37	15#						55	不可过滤
W-38	15#	✓	✓	✓	✓		68.9	58.4
W-39	15#	✓	✓	✓		✓	65.2	44.1
W-40							79	85

F I 不小于 50，但 F II 均为不可过滤，对比 W-40 纯基础油体系过滤性，ZDDP 是导致体系过滤性差的主要原因。在体系中加入抗氧剂、清净剂、分散剂及防锈剂后，可以明显看出体系的过滤性均有所提高，其中 W-20、W-26 和 W-38 体系的过滤性能提升幅度最大，F I 和 F II 都达到了 50 以上。W-29 体系 F II 为 49.3（小于 50），虽然提升也非常明显，但仍然没有达到标准。从表 1 中还可以看出，使用不同的防锈剂 RI-1 和 RI-2，对过滤性产生不同的影响。防锈剂 RI-1 的性能明显优于 RI-2，添加 RI-1 防锈剂后，W-20、W-26 和 W-38 体系均能通过过滤性测试。

综上所述，通过四球测试及过滤性测试，发现 W-20 组成的长寿命液压油配方性能最好。后续 V104 泵台架，继续

对该复合剂配方进行测试。

1.3 V104 泵台架测试

通过对抗磨性及水解安定性等的考察，基于 W-20 组成初步确定长寿命液压油的配方。该复合剂以 0.85% 的剂量调成长寿命液压油，通过了 V104 泵台架试验（如表 2 所示）。台架试验结果表明，研制的长寿命液压油复合剂在高温、高压、长周期运转的苛刻使用条件下，仍能保持优秀的抗磨性和稳定性。

表 2 V104 泵台架试验结果

项目	长寿命液压油	试验方法
叶片失重, mg	4.5	SH/T 0787-2005
定子失重, mg	23.5	
总失重, mg	28	

2 结语

以北沥 40 万二减和 40 万二减底为基础油，通过功能添加剂筛选，对油品的抗磨性、过滤性等性能进行了评价，确定了与 ZDDP 具有协同作用的复合剂配方，即配方 W-20。并且加入该配方所研制的长寿命液压油通过了 V104 泵试验，在高温、高压、长时间的苛刻使用条件下具有优秀的抗磨性和耐久性，产品满足相关标准要求。

参考文献：

[1] 刘卜瑜. 液压油的新技术发展与需求展望 [J]. 内燃机与配件, 2020(12):89-90.

[2] 张润香, 刘功德, 曹聪蕊, 等. ZDDP 热稳定性及其对抗磨性能的影响 [J]. 润滑油, 2012, 27(6):29-34.

[3] Fox M F. Chemistry and Technology of Lubricants [M]. 2010.

[4] 刘中国, 李韶辉, 李战胜, et al. ZDDP 的合成及抗磨特性研究 [J]. 液压气动与密封, 2017, 37(11):8-10.

[5] 杨明. 液压油过滤性测试方法及相关测试仪器简介 [C]. 中国汽车工程学会燃料与润滑油分会年会, 2008.

[6] 颜桂珍, 钱铮, 聂艳. 碱性石油磺酸钡防锈剂的研制和性能初步评价 [J]. 润滑油, 2013, 28(1):34-38.

[7] 陈丽华, 张春辉. 金属减活剂作用机理的探讨 [J]. 润滑与密封, 2003(1):73-76.

作者简介：崔建军（1969.10-），男，汉族，河北唐山人，本科，工程师，研究方向：高性能润滑油产品研发。