

航空煤油的润滑性能

六二一所油料组

一、前言

最近十几年来,航空煤油的润滑性能愈来愈引起人们的重视。随着喷气技术的发展,飞行速度的提高,燃油系统的工作温度不断升高,使燃油的润滑性能下降;此外,为了提高航空煤油的热稳定性能,国内外油料生产部门普遍采用加氢精制、电化学精制等二次加工的工艺方法。大量使用经验和研究工作证明,这些新的生产工艺,对于提高航空煤油的贮存和耐高温安定性,可以取得显著效果,但在润滑性能方面却带来了不良影响。

在航空发动机中,燃油泵的工作部件是靠作为工质的燃油本身来润滑的。目前,我国普遍采用柱塞式油泵,其磨擦对之间的工作条件极为苛刻,在斜盘与柱塞之间的接触部位,不断交替地进行着滑动与滚动磨擦,而接触部位所承受的压强高达 $150\sim 200$ 公斤/毫米²。因此,不仅要求斜盘与柱塞须具有良好的设计结构,磨擦对材料具有很高的硬度和良好的匹配,而且还要求航空煤油有较好的润滑性。

大量的使用经验说明,对于固定结构的油泵,如果采用润滑性不同的燃油,其使用寿命就会产生很大差别;对于按润滑性较好的燃油进行设计和试验的油泵,在使用润滑性差的燃油时,就会造成部件严重磨损,乃至产生各种飞行事故。例如,苏联对米格-21飞机油泵的工作寿命就有明确规定,使用宽馏分的T-2燃油比使用窄馏分的TC-1燃油,油泵寿命要缩短一半。采用加氢精制工艺生产的T-7燃油

或是经过碱洗的TC-1燃油,都会使油泵提前磨损。在1966~1968年欧洲使用Caravelle飞机的航线上,也发生了因使用加氢精制的Jet-A-1型和宽馏分的JP-4型燃油而引起的四起高压柱塞的断裂事故。在我国也发现使用加氢裂解工艺生产的大庆1号航空煤油,其润滑性能不能满足现有机械油泵工作寿命的需要。特别是用电化学工艺生产的胜利1号航空煤油,其润滑性明显变坏,在采用该油以后,使一种飞机的ZB-10A主泵,一般在工作七十小时左右,柱塞头就要出现严重的磨损,甚至把头部的球面磨平,产生金属屑和金属丝,引起燃油调节系统的堵塞,造成发动机慢车转速下降的故障,并构成飞行中的许多不安全因素。

过去国内对航空煤油润滑性的研究工作做得不够,尚未建立评价航空煤油润滑性的可靠试验方法。主要由于航空煤油粘度小,在润滑表面形成的油膜强度差,用一般评价润滑油抗磨性的试验机(如四球机等)来测定航空煤油的润滑性,其分辨能力很差,通常无法比较出不同油品润滑性能的优劣。本文重点介绍一种评价航空煤油润滑性的试验方法,这种方法可以明显地区分开不同品的润滑性。文中还介绍了几种国产航空煤油润滑性对比试验结果和分析意见,并提出了改进某些航空煤油润滑性能的途径。

二、航空煤油润滑性的试验方法

国内有些研究单位,曾用四球机来对比不同航空煤油的润滑性,结果差别不明显,和外

场实际使用的情况不一致。我所在参加解决胜利航空煤油抗磨性差的问题过程中，选择捷克生产的 SKODA-SAVIN 磨耗试验机，通过反复试验，找出了评定航空煤油润滑性的试验条件，建立了稳定的试验方法。现将此方法与试验条件简述于下。

1. 试验方法简介 SKODA-SAVIN 磨耗试验机原用于评定润滑油及液压油的抗磨性，其外形见图 1。试验机的试验部件为旋转的试轮与固定的试块组成的磨擦对，在试轮与试块进行磨擦时，通过供油咀不断往磨擦部位加注试油。图 2 中虎钳固定着的小方块是试块，试块上部的圆轮为试轮，旁边的弯管为加油咀。磨擦接触点上的负荷，由一个与试轮连接的杠

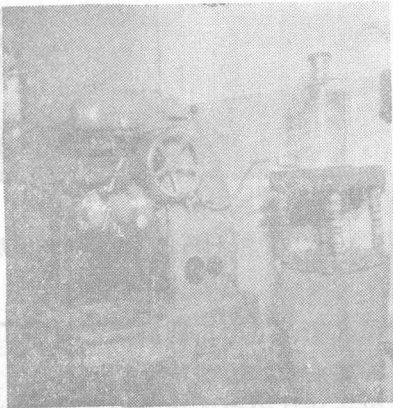


图 1 SKODA-SAVIN 磨耗试验机外形

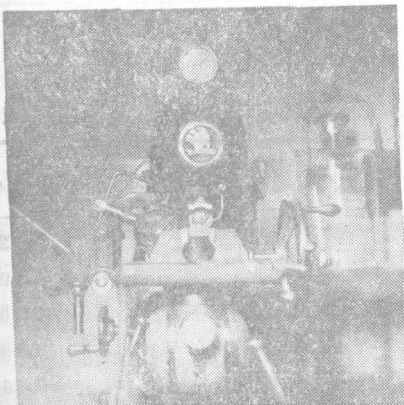


图 2 磨擦对工作部位图

杆机构，通过变换砝码来进行调节，这种试验机的最低试验负荷为 0.5 公斤。试轮的转速可以无级调节。当把试轮、试块选定，并规定一定的试验负荷、转速和时间之后，就可以对比试验不同油样的润滑性。燃油润滑性能的好坏，通过测量试块上产生的磨痕宽度来鉴别。此宽度在测量显微镜下观测，其单位以毫米计，读数可准确到小数点后第二位数字。本方法用以鉴别不同燃油的润滑性具有良好的分辨力，平行试验的结果有较好的重复性。根据实验积累的经验，本方法测定的平行试验的误差规定为，每次试验结果与诸结果平均值的差数不大于 5%。本方法还具有用油量少，测试时间短等优点，测定每一种油品的润滑性只需 3~5 立升油样，测定每一次结果一般定为 5 分钟，通常取三次平均试验结果的平均值作为试验最终结果。

2. 试验条件 试验条件的选择，包括磨擦对材料及加工处理、试验负荷、转速和时间等，在确定试验条件时，预先对上述因素进行了反复试验。当试轮和试块的材料改变时，其硬度的变化只影响磨痕的宽度，并不影响不同试油之间润滑性差异的规律性；试块表面的加工光洁度会影响磨痕边缘的平滑性，因而也影响试验读数的准确性。试验时间、负荷和转速的变化，对鉴别不同航空煤油润滑性的分辨力有明显影响。（详见六二一所《胜利 1 号航空煤油抗磨性差的原因及其改进方法》技术通报第二期，一九七六年六月）按照试验分辨力的好坏和试验时间长短最后选定本方法的试验条件如下：

试轮材料为 GCr15，洛氏硬度为 RC60~64，光洁度 $\nabla 10$ ；

试块材料为 30CrMnSiA，洛氏硬度为 RA~55，光洁度为 $\nabla 10$ ；

试验负荷为 2 公斤（相当于比负荷 1380 公斤/厘米²）；

试验时间为 5 分钟；

试轮转速为 200 转/分。

三、几种航空煤油的润滑性对比

用上述试验方法，测定了多种航空煤油的润滑性，重点对比了大庆2号航空煤油和胜利1号航空煤油的润滑性，并对胜利1号润滑性差的原因进行了分析。试验结果分别列表如下。

表 1 大庆、胜利两种航空煤油润滑性对比

序 号	磨痕宽度，毫米	
	大庆2号航空煤油	胜利1号航空煤油
1	0.60	0.69
2	0.57	0.71
3	0.56	0.71
4	0.60	0.70
5	0.57	0.66
6	0.57	0.69
7	0.58	0.70
8	0.58	0.71
平均结果	0.58	0.69
最大误差	4%	4%

表 1 中列入了大庆、胜利两种航空煤油润滑性多次对比试验的结果，每次试验结果和平均结果之间的差值最多只有4%。从表1的数据可见，胜利1号航空煤油润滑性能比大庆2号差。除了从磨痕的宽窄可以鉴别润滑性之外，试验中还伴随着出现一些特征现象，如大庆航空煤油试验时，在磨痕周围只产生少量浅棕色磨擦产物，而当胜利航空煤油试验时，则产生大量深棕色磨擦产物，这表明对于润滑性差的燃油，其磨擦表面产生的温度较高，因而使油中的一些组分发生氧化、缩合等反应，最终产生棕色沉积物。图3是两种航空煤油磨痕的照片，左图为大庆煤油的磨痕，右图是胜利煤油的磨痕，磨痕周围的黑影，是磨擦生成的产物。从图3所示的磨痕情况不仅可以看出磨痕的宽窄，而且可以看出磨擦产物的多少。

表 2 列出了多种航空煤油润滑性对比试验结果，其中包括从胜利原油中用不同加工工艺生产出的三种航空煤油，从这三种油样试验所得的不同结果，可以分析出胜利1号航空煤油润滑性差的原因。我们看到，未精制前的直馏胜利航空煤油馏分，其润滑性比大庆2号煤油还好，而经过电化学精制或加氢精制变成商品油后，润滑性都变差了。可见胜利1号煤油润滑性差不是由原油组分不同所引起的，而是在二次精制加工中产生的新问题。从表2中还可以看出一个带普遍性的规律，即凡是直馏生产的航空煤油如直馏胜利航空煤油、大庆2号航空煤油、大港1号航空煤油，润滑性都比较好，



图 3 大庆、胜利两种航空煤油的磨痕图

而经过二次加工生产，润滑性都变差了。其原因是，目前采用的这些精制加工工艺，不仅可以除去影响油品安定性的有害杂质，同时把有利于改进润滑性的天然表面活性剂也脱去了。许多研究工作证明，这类油中天然存在的表面

表 2 不同航空煤油润滑性对比试验结果

试 验 油 样	磨痕宽度，毫米
直馏胜利航空煤油馏份	0.42
胜利1号航空煤油	0.69
胜利加氢航空煤油	0.78
大庆2号航空煤油	0.58
大港1号航空煤油	0.36
荆门加氢航空煤油	0.60

活性剂为高级性有机化合物，它可以帮助烃类油在润滑表面形成较坚固的油膜。胜利1号航空煤油则是由于直馏航空煤油在发动机试车中出现点火电咀积炭联桥现象而增加了一道电化学精制的工序，这一措施把一种矛盾解决了，又产生了润滑性差的新矛盾，需要进一步研究解决。

四、改进航空煤油 润滑性能的途径

通常改进航空煤油的润滑性采取两个途径，一是往润滑性差的油中掺和润滑性好的油品，一是往航空煤油中加入改进润滑性能的添加剂，我们从这两方面都做了一些研究工作。在掺和试验中选用了大庆、大港两种润滑性较好的航空煤油，与胜利航空煤油进行不同比例的掺对，并测定混合油的润滑性，表3列出几种掺对油的试验结果。

表 3 掺对航空煤油润滑性试验结果

掺和油样	掺和比例	磨痕宽度，毫米
胜利+大庆	1：1	0.58
胜利+大庆	2：1	0.62
胜利+大港	4：1	0.49
胜利+大港	9：1	0.49

上列结果说明，往胜利1号航空煤油中掺入百分之五十的大庆2号航空煤油，其润滑性与大庆航空煤油相当，而用大港航空煤油掺对，只要在胜利航空煤油中掺入百分之十，就可以获得很好的润滑性。但是掺对的方法不宜作为长远解决问题的措施，因为它给外场使用和油料的运输调配增加许多困难，也不符合国家分区供油的合理布局。采用加添加剂的途径则比

较方便，可以在航空煤油生产过程中进行，不会给使用和贮运带来麻烦和影响。

六二一所研制的6926航空煤油多效添加剂，是十八胺与环氧氯丙烷生成的缩合物，进一步与油酸酯化，生成的酯再与二辛基次膦酸反应成盐而得，它含有多种有机官能团，因而可以改善烃类油料的多方面性能。6926添加剂作为一种航空煤油的热稳定性添加剂已经在试验室做了大量的性能评价工作，并已通过发动机台架试车鉴定，添加剂加入量仅6ppm。为了考查6926添加剂对航空煤油润滑性的改进作用，往胜利1号航空煤油中加入6ppm该添加剂，并用上述试验方法进行了试验。试验结果表明，此添加剂对改进航空煤油的润滑性具有显著效果，加入量仅6ppm即可将胜利航空煤油的润滑性提高到接近大庆航空煤油的水平。这一试验结果在空军一所的油泵试验中获得进一步验证。目前6926添加剂已在空军部队安排试用，以考察它在实际使用中改进燃油润滑性能的效果。

☆ ☆ ☆ ☆

(上接第29页)初生MC碳化物相同。利用低于400℃低温氧化可单相显示二次析出的MC碳化物。此时，无论是M₆C还是M₂₃C₆均不显示。只有二次MC碳化物形成氧化膜，呈深兰色。

图16是K19合金经1000℃、18公斤/毫米²持久、520小时析出的二次NbC。

图17是K19H合金经1050℃/100小时析出的二次HfC。

这种单相显示的方法不仅用在光学金相方面，也可用在电镜和扫描电镜方面，同样收到良好的效果。图18是单相显示的Ni₃Hf的扫描电镜照片。