

四球试验机是用来评价润滑油脂抗极压性能和抗磨损性能的一种设备，结构简单，用油量少，费用低，在润滑油脂研究中得到广泛应用。对影响四球试验机试验结果的因素进行了分析，并提出了相应的改进措施，以提高试验准确性，减小误差。

影响四球机试验结果的主要因素探讨

颀敏杰 朱文静 蒲晓琴 李彤 夏群英
中国石油兰州润滑油研究开发中心

www.docin.com

四球试验机于1933年由Boerlage设计，用于研究不同类型材料与润滑剂的承载能力^[1]。四球试验机结构见图1。

四球试验机主要应用于材料和润滑油脂研究领域，因研究目的不同，所选的研究对象也不同。其中：

◇在材料研究领域，以润滑剂为参照对象，四球试验机被用于考察材料的抗摩擦磨损性能、抗疲劳强度及抗腐蚀性性能等；

◇在润滑油脂研究领域，以试验钢球为参照对象，选择不同的试验条件，四球试验机被用于评价润滑油脂的极压性能和抗磨损性能。

本文主要探讨在应用四球试验机评定润滑油脂的极压性能和抗磨损性能时，如何提高试验结果的准确性。

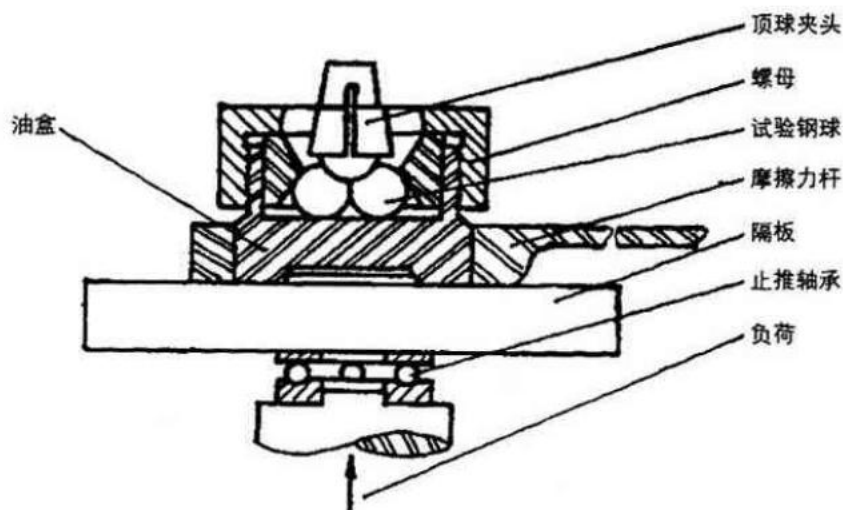


图1 四球试验机结构图



供图 / 王雨斌

影响四球试验机试验结果准确性的主要因素

四球试验机设计及其加工精度

四球试验机设计是影响试验结果的关键因素。根据使用单位的要求,应合理设计四球试验机加载方式。如润滑油脂抗磨损性能试验采用杠杆加载,润滑油脂抗极压性能试验采用液压加载。

四球试验机运行参数,如试验负荷、试验转速、试验温度和试验时间等应选择控制精度高的负荷传感器、转速表、变频器、温度显示表和计时器等进行控制,以减少试验过程中的系统误差。例如启动时间,即按键与四球试验机真正达到试验转速时的时间差对试验结果影响很大,烧结负荷 P_0 值可相差3级。此外,试验负荷在传递过程中的损失、摆动、振动等都会影响试验结果。

四球试验机油杯中3粒钢球的磨痕直径大小与主轴的对中情况有关。试验结束后,要求任一下钢球2次磨痕直径测量结果的平均值与3粒下钢球6次磨痕直径测量结果平均值的差值不大于0.04 mm,否则应检查上钢球与油杯的轴心对中情况,而对中情况与四球试验机的加工精度以及油杯的整体质量(应保证下面3个钢球磨痕大小基本相同)有关。在四球试验

机加工过程中,为了保证主轴的精度(径向跳动和轴向窜动),应选取5级精度或以上的主轴轴承,同时要求主轴支座与油杯底座垂直性好,以避免出现油杯中3粒钢球磨痕直径相差较大的问题。

四球试验机安装要求

实验室所有在用四球试验机应安装在稳固的基础上,确保四球试验机处于水平状态,且试验时无振动,以保证试验结果的重复性和可靠性。

实验室环境要求

四球试验机应安装在无振动、无磁场干扰和无腐蚀性介质的环境中。要求实验室温度范围控制在15~35℃,电源电压的波动范围不超过额定电压的±10%。

试件要求

钢球的质量和精度

钢球本身的材质和几何精度对四球试验机试验结果有重大影响。钢球应为符合GB 308《滚动轴承钢球》标准要求的四球试验机专用钢球。II级轴承钢球要求直径12.7 mm,材质GCr15,洛氏硬度HRC 64~66,以保证四球试验机试验结果的准确性。

钢球的清洗

每次洗涤钢球不宜太多,以防表面污损对试验结果造成一定的影响。

在超声波清洗器中,用航空洗涤汽油和石油醚依次清洗钢球,至钢球无油渍、无锈斑,光洁如镜,然后吹干或自然干燥,不准用手触摸。

航空洗涤汽油应符合SH/T 0114《航空洗涤汽油》标准要求。石油醚馏程为60~90℃,符合GB/T 15894《化学试剂石油醚》标准要求。

钢球的使用

国外一次试验采用4粒新钢球。为了节约成本,国内一般将钢球多次使用,但需注意卡头应无磨损及异常现象;否则需及时更换,以免影响上钢球表面的质量。同时需检查上钢球是否有重圈、油杯中3粒钢球是否有重点。特别是在低负荷条件下,卡头上钢球的磨圈很浅,甚至看不清楚,容易产生重圈现象。而在高负荷条件下,卡头上钢球磨圈大,且周围有烧黑的痕迹,油杯中3粒下钢球磨斑大,易重点,此时钢球的使用次数不宜过多^[2]。

卡头中的开口可以保证钢球固定在卡头中。每次做完试验后,用顶针顶出上钢球。当上钢球使用次数较多时,应更换上钢球,否则会影响试验结果。

另外,在进行试验时,不能用手直接接触钢球,以免手上的油脂对试验结果造成不利的影 响,使试验结果无真实性和规律性。

操作要求

针对不同的四球试验机,应制定相应的操作规程,严格按照操作规程和标准试验方法操作,养成良好的操作习惯,才能得到准确的试验结果。

主轴预运转

在进行试验前,主轴需预运转2~3 min,检查四球试验机是否运转平稳,有无异常现象。及时解决发现的问题,以免影响试验结果。

磨痕测量

显微镜的精度要求为0.01 mm,并具有计量部门校验合格证。在测量磨痕时,保持视线与被测量表面垂

直,在十字线沿磨痕方向或垂直于磨痕方向移动,不允许出现歪斜现象,否则会导致测量值偏高。应分清磨痕与钢球的界限,有毛刺(在高负荷条件下出现)时,应先刮去毛刺后再测量,以免测量值偏高。

试验结果的判断

P_B 值的判断:应以 $P-D_{补偿}$ 表为依据。 $D_{补偿}$ 表示与负荷 P 相应的补偿直径。其他现象,如磨痕是否为圆形、摩擦力曲线变化等只能作为辅助手段。

P_B 值的测定:一般从784 N负荷开始,按负荷表中的负荷级别进行试验,直到烧结发生为止。要求在同一负荷下重复一次,若2次均烧结,则试验时采用的负荷为烧结负荷;如果重复试验不发生烧结,则需要用较大的负荷进行新的试验和重复试验。

对于极压性能特别好的润滑油,若在试验过程中还未达到真正烧结时钢球磨痕直径已达到极限值4 mm的负荷,此时的负荷值可作为烧结负荷值。

根据试验经验,测定烧结负荷时,油杯拧紧扭矩为83.3 N最适宜,且油杯中的钢球不滚动,可以提高 P_B 值的再现性^[3]。

提高四球试验机试验结果准确性的主要措施

四球试验机的选择

从四球试验机的精度和使用性能来看,进口四球试验机的精度比国产四球试验机的精度高,使用周期长,维修率低,如法莱克斯四球试验机、日本神冈公司四球试验机等,但进口四球试验机价格是国产四球试验机的10倍左右。

对国内生产四球试验机来说,选取性能稳定、参数控制平稳和试验机参数控制精度高的试验机特别重要。如MQ-12摩擦磨损试验机虽然为20世纪60年代生产,但因该试验机加工的特殊性,一直使用至今。

润滑油抗磨损性能试验和抗极压

性能试验应避免选用同一四球试验机,以免极压性能试验结果对磨损试验结果造成一定的影响。这是因为极压性能试验的最高负荷可达7 000~8 000 N,而抗磨损性能试验的负荷为几百牛顿。

定期维护和校验

四球试验机需要进行定期维护,如检查润滑部位的注油情况、主轴与油杯的轴心对中情况以及主轴的径向跳动等。要求主轴上钢球距最低点3.5 mm处的径向跳动不大于0.02 mm;如大于0.02 mm时,应更换主轴轴承和卡头。

四球试验机需要进行定期整机校验。根据GB/T 3142《润滑剂承载能力测定法》或SH/T 0189《润滑油抗磨损性能测定法》进行试验时,需选取不同的参比油,以确定四球试验机数据的准确性,避免盲目试验所带来的误差。另外,应定期校验控制仪表,以保证控制仪表的精度。

选用合格的四球试验机专用钢球

对四球试验机专用钢球,首先应进行外观检查,要求钢球表面无锈斑、划痕。对新购置的四球试验机专用钢球,还应选取不同质量级别的参比油,根据GB/T 3142《润滑剂承载能力测定法》或SH/T 0189《润滑油抗磨损性能测定法》进行验收,检验其是否能满足标准试验方法的要求。

严格执行标准试验方法和试验机操作规程

标准试验方法是整个试验过程的依据。应熟练掌握标准试验方法的基本概念、操作步骤和评价指标等。

对不同的四球试验机,应制定相应的操作规程。从试验前的准备工作及试验机的通电、开机前的预运转、参数设定,到整个试验过程的操作步骤及试验结束后的处理,必须前后贯穿,一目了然,具有一定的操作性。只有根据操作规程,严格执行标准试验方法,才能得到准确的四球试验机试

验结果。

提高操作人员的技术水平

四球试验机的操作人员需要用2~3个月的时间进行技术培训,包括应知应会和实际操作技能培训。一方面,四球试验机的操作人员要详细了解标准试验方法,如注意事项、基本概念、试验过程、结果的判断等;另一方面,也要求熟练掌握四球试验机的基本原理,培养判断和解决操作过程中出现的问题的能力。

结束语

四球试验机因结构简单,操作方便,经济实用,在润滑油脂研究中得到广泛应用。为了取得准确、真实的数据,可以从以下几个方面加以保证。

◇四球试验机的设计要合理,所选取的试验参数控制仪表精度要高,并定期校验合格;

◇选取质量可靠、满足GB 308标准要求的四球试验机专用钢球;

◇对四球试验机要定期维护和整机校验,确保四球试验机满足标准试验方法的要求;

◇加强对操作技术人员的培训,严格进行理论和实际操作考试,考试合格后方可上岗操作;要求所有操作人员严格按照四球试验机操作规程和试验方法进行规范化操作,尽量避免操作人员所带来的偶然性误差。

参考文献

1 颜志光主编. 润滑剂性能测试技术手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2000: 57-60.

2 宋世远, 李子存, 秦泽农等. 油料模拟台架试验[M]. 北京: 中国石化出版社, 2001: 165-170.

3 中国石油化工股份有限公司科技开发部编. 石油和石油产品试验方法国家标准汇编2005(上)[M]. 北京: 中国石化出版社, 1998: 299-304.