

# 液压机械的橡胶油封性能测试研究

五一厂 伍淑芳 郭远才

## 一、前言

随着飞机飞行速度和高度的不断提高,要求液压附件向高速、高压、高温、耐介质好、使用寿命长等方向发展。因此,用于密封装置的橡胶油封泄漏是需待解决的重要问题之一。目前,控制油封质量的胶料一般只作常规性能测试,已不能满足在使用条件下油封性能变化规律和附件排故的需要。测试油封性能和开展模拟试验对油封设计结构参数的选定、材料的选择和工艺条件的制订等都有重要的现实指导意义。

本文是用航空工业部科技局下达我厂自行设计制造的橡胶油封性能试验设备,对液压机械的橡胶油封各项性能进行测试,探讨其一般变化规律。

## 二、实验

### 1. 实验装置

本实验采用油封测试仪器:油封唇口接触

※ ※

并不改变,而只有力学状态的变化。复合材料的基体树脂在受热固化过程中则是一个“运动”的体系,其分子结构瞬息万变。对指定树脂固化体系而言,其固化后的产物的T<sub>g</sub>及高温力学性能将随其“热史”——固化工艺不同而有很大差异。用“双层簧片分析法”研究和评价碳纤维/环氧树脂等复合体系的固化工艺,是动态力学分析技术的新的尝试和开拓。实验表明,它不但具备了扭摆分析和动态簧片分析技术的优点,而且还有长处:试样制备方法简单;处于任何储存期的预浸料皆可测试;更逼真地反映复合材料固化过程流变学的复杂变化;必要

宽度测定仪、油封径向力测定仪和YHS-1型油封回转试验台,以液压机械密封装置的橡胶油封对其性能:唇口接触宽度、径向力、磨擦扭矩、唇口温度、低温起动性能、油封寿命进行了测试探讨。实验装置见图1、2、3。实验设备的技术规范、结构原理和使用方法参阅“橡胶油封性能试验设备使用说明书”。

### 2. 试样

规格:14×25×4.3(公称尺寸)。

材料:丁腈橡胶5080,硬度80。

金属弹簧:碳素弹簧钢丝(直径0.3毫米);弹簧直径1.6毫米;弹簧长度53毫米;弹簧张力伸长6%为50克。

## 三、实验结果及讨论

### 1. 油封唇口接触宽度的测试

油封唇口对轴的接触压力导致油封抱紧轴,所产生的密封接触带即为唇口接触宽度。根据

※ ※

时,它可以计算出预浸料片的动态力学数据。

致谢:漆宗能、过梅丽同志对本文初稿提出宝贵意见,谨致谢意。

## 参 考 文 献

- [1] 范棠,航空材料, No.1(1981), 1.
- [2] Babayevsky, P.G. and Gillham, J.K., J. A.P.S., Vol.17(1973), 2076.
- [3] 刘士昕、过梅丽,玻璃钢, No.2(1981), 10.
- [4] Read, B. E. and Dean, G. D., The Determination of Dynamic Properties of Polymers and Composites, (1978).

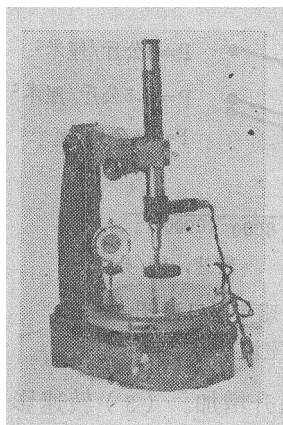


图 1 油封唇口接触宽度测定仪

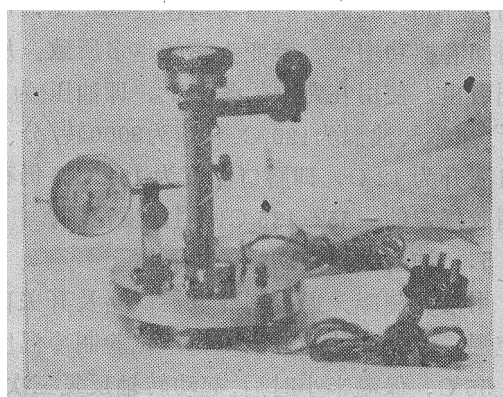


图 2 油封径向力测定仪

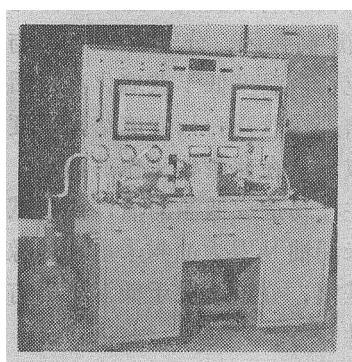


图 3 YHS-1型油封回转试验台

文献〔1〕报道,接触宽度一般在0.13~0.5毫米之间最佳,小于0.25毫米最适宜。若此值过大,则油封与轴之间磨擦阻力增大,唇缘温升增加,由于橡胶的“焦耳效应”导致唇缘老化龟裂和磨擦烧伤;若过小,则形成泄漏。油封试样的接触宽度测试结果如表1所示,结果数据在0.23~0.24毫米之间为最佳范围。

表 1

测试项目	唇口接触宽度, 毫米			
试 样	试样 1		试样 2	
测试结果	0.23	0.24	0.23	0.24

## 2. 油封径向力的测试

油封唇口对轴产生的接触压力称为油封的径向力。它是油封唇口过盈量的抱紧压力、唇口腰部弹力及弹簧的紧箍力三个力的总和,即:

$$P_{\text{总}} = P_{\text{过盈}} + P_{\text{腰}} + P_{\text{弹簧}}$$

据文献〔2〕报道,油封线速度在4米/秒以下时,唇口单位周长径向力为15~22克/毫米;油封线速度为4~15米/秒时,唇口单位周长径向力以9.3~13克/毫米为宜。油封试样测试结果总径向力为780克,单位周长径向力为17.73克/毫米。按油封结构尺寸计算油封线速度为4.4~5米/秒,总径向力为808克,单位周长径向力为18.33克/毫米,实测数据与计算值接近并符合一般文献报道的经验数据。

## 3. 油封磨擦扭矩的测试

油封磨擦阻力是油封动态下密封住流体所必不可少的力,当轴旋转时阻力矩即磨擦扭矩造成能量消耗,磨擦能量消耗越大转变为热能越多,唇口温升越高,油封寿命越短。显然,寻求降低磨擦阻力而又不损害密封性能是测量和探讨磨擦扭矩的主要目的。油封试样在油压为0.5公斤/厘米<sup>2</sup>,一定转速和温度的条件下,磨擦扭矩的测试结果用图4表示。由图4看出:

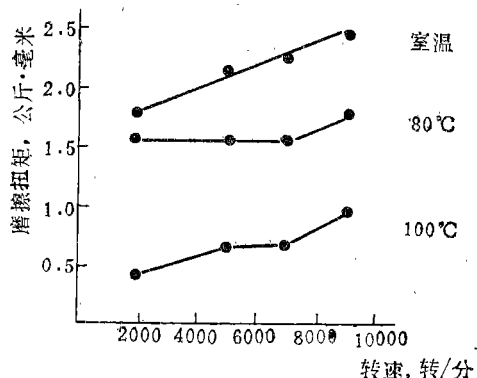


图 4 不同温度和转速对磨擦扭矩的影响  
(条件:  $P=0.5$  公斤/厘米<sup>2</sup>)

(1) 转速影响: 油温一定时, 轴的转速与磨擦扭矩的关系在室温时有近似正比的趋势。油液温度升高后转速与磨擦扭矩关系不一, 出现增加、减小和变化不大三种情况, 上述数据的变化与文献〔3, 4〕报道基本是一致的。产生上述情况的原因, 是油液和胶料在室温下性能变化不大, 油温升高后, 油封唇与轴之间的油膜由于油液粘度、胶料应力松弛和转速的综合影响而呈不稳定状态, 导致磨擦扭矩的不规律变化。(2) 油温影响: 转速一定时, 油温的变化, 磨擦扭矩总的趋势是随温度升高而下降, 图4与文献〔3〕报道一致, 油温升高使油的粘度和胶料的弹性模数下降, 温度加至  $100^{\circ}\text{C}$  由于唇口磨擦生热温度更高, 接近丁腈胶的使用温度上限, 故油封磨擦扭矩急剧下降。

#### 4. 油封唇口温度的测试

油封唇口在轴高速旋转时, 由于相对磨擦使唇与轴接触面产生热量, 通过测温传感件即可测得唇口温度和温升。对油封试样在不同温度、转速、压力下唇口温度和温升的变化测量结果如图5、6所示。(1) 油温影响: 油压一定时, 油温越高唇口的温升越低, 图5测试 results 与文献〔4, 5〕报道一致。室温唇口温升大于  $80^{\circ}\text{C}$  唇口温升大于  $120^{\circ}\text{C}$  唇口温升。因为油温升高后, 油的粘度下降磨擦温升随之降低所致。(2) 油压影响: 油温一定时, 油压越高唇口温升也越高, 见图6测试结果; 3公斤/厘米<sup>2</sup>的唇口温升大于 1.5公斤/厘米<sup>2</sup>的唇口温升大于 0.5公斤/厘米<sup>2</sup>唇口温升。因为油压增加后, 油封总的径向力增大, 即对轴的正压力增大,

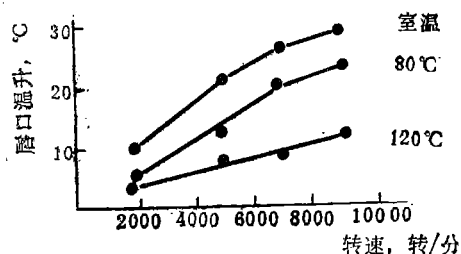


图5 不同温度下转速与唇口温升关系  
(条件:  $P=3$ 公斤/厘米<sup>2</sup>)

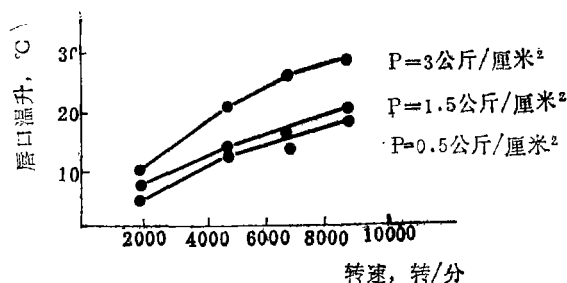


图6 不同压力下转速与唇口温升关系  
(条件:  $T=\text{室温}$ )

磨擦力增大导致唇口温升增加。(3) 转速影响: 油温油压一定时, 唇口温升随转速增加而增加, 见图5、6。因为磨擦功与速度成正比, 速度增加磨擦功增大, 转变为热能越多所致。从上图看出, 使用在苛刻的条件下, 即油压为 3 公斤/厘米<sup>2</sup>、油温为  $120^{\circ}\text{C}$ 、转速为 9000 转/分、唇口温升为  $12^{\circ}\text{C}$ , 即唇口温度为  $132^{\circ}\text{C}$ , 仍在丁腈胶规定的  $-55 \sim 135^{\circ}\text{C}$  使用温度范围。

#### 5. 油封低温起动性能的测试

用液氮制冷, 通过制冷电器线路及开关自动控制温, 温度波动为  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。本试验制冷温度为  $-55^{\circ}\text{C}$ , 保温半小时后, 起动转轴反复三次, 均未漏油。说明油封能够满足低温  $-55^{\circ}\text{C}$  的使用要求。通常橡胶在玻璃化温度以上 30 度 ( $T_g + 30^{\circ}\text{C}$ )〔6〕为平衡高弹区, 分子链段运动与外力的作用相适应; 当温度低于玻璃化温度后橡胶分子链段冻结即橡胶高弹形变冻结, 硬度提高, 弹性大大减小。在此条件工作的油封, 如果选材不当, 往往易造成低温漏油, 油封试样在  $-55^{\circ}\text{C}$  起动未漏油是因为油封采用丁腈橡胶, 含有丙烯腈基团, 分子链段于低温下仍有一定柔性, 耐寒性较好。

#### 6. 油封寿命对比试验

试样: 采用两种牌号性能不同的丁腈橡胶进行寿命对比试验。油封试样是用同一模具、同一加工工艺制成。两种材料性能差异如表 2 所示。

试验条件: 采用提高 PV 值, 加速橡胶老化的试验方法。试验条件见表 3 所示, 油压提高 60%, 转速提高 50%。

试验结果：如表4和图7所示，可以看出，在加大PV值后DQ-370油封在试验进行至18小时后开始渗漏，而5080油封经24小时后仍不渗漏；二种不同材料的油封唇口直径，试验前后的绝对变化DQ-370胶比5080胶大30%，即DQ-370胶的油封过盈量大大减小，导致DQ-370胶油封出现渗漏现象。造成上述现象的原因在于DQ-370胶系专门为使用在低温冷冻系统研制的新牌号，该胶低温性能好，但耐热性较差，表2中100℃×24小时液压油中DQ-370胶的恒定压缩永久变形比5080胶大20%，即DQ-370胶的应力松弛和永久变形比5080胶大大增加，提高PV值大大增加了唇与轴的接触压力和唇口温升，更加速了胶料的应力松弛性能和磨损，故油封明显形成一圈压痕带，见图7。试验结果表明，在相同使用条件下选用5080胶加工油封，其性能显然优于DQ-370胶。

表 2

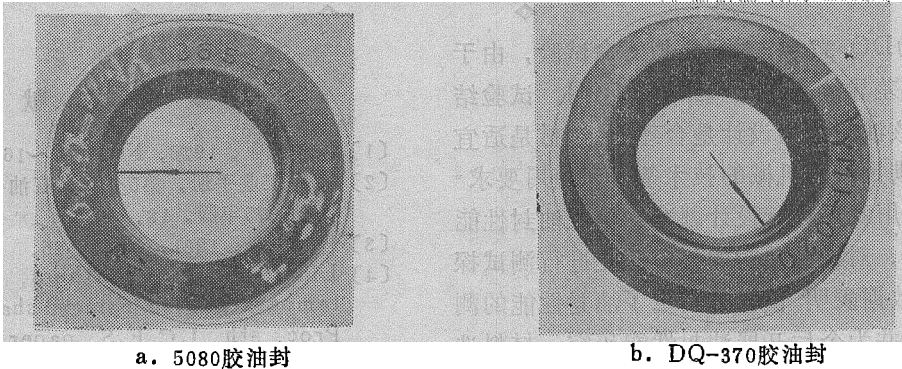
牌 号	5080	DQ-370
性 能		
硬度 (邵氏)	80	74~76
恒定压缩, 100°C×24小时		
永久变形, 液压油, %	18.6	22.5

表 3

	液压机械 原技术条件	试验采用 条件	提高%
油温, °C	-55~100	100±1	0
油压, 公斤/厘米 <sup>2</sup>	≤ 5	8	60
转速, 转/分	6200 <sup>+500</sup> <sub>-200</sub>	9000±100	50
介 质	液 压 油	液 压 油	—
试验时间, 小时	—	24	—
轴表面光洁度	▽ 9	▽ 9	—

表 4

试 样	试验前唇口直径, 毫米	试验后唇口直径, 毫米	差值, 毫米
5080油封	φ13.218~φ13.220	φ13.365~φ13.450	0.145~0.232
DQ-370 油封	φ12.889~φ12.985	φ 13.210	0.225~0.321
油封外观变化	二种试样从唇口向腰部方向沿唇一周形成压痕带		
油封渗漏情况	5080油封不漏；DQ-370油封试验进行到18小时渗漏		
与油封耦合的轴径变化	与油封耦合的二根轴，轴径变化为0.003毫米		



a. 5080胶油封                      b. DQ-370胶油封  
图 7 油封外观磨损变化情况

#### 四、结 论

1. 通过用5080胶加工的橡胶油封，其各项性能测试结果数据，如磨擦扭矩随油温升高

而下降与转速关系不一，出现增加、减小和变化不大三种情况。唇口温升随油温升高而下降；油压随转速升高而升高。影响油封性能参数变化的规律与文献报道一致。改变油封及胶料牌

# 钛及其合金中微量铈的测定

## ——偶氮氯膦Ⅲ分光光度法

施咏琴 范志明

钛、铝、镁、锡等元素经草酸掩蔽后，不干扰铈的测定。

### 一、引言

在使用偶氮膦—Ⅲ分光光度法测定微量铈时，由于钛基体及合金元素的严重干扰，必须进行分离。目前，多数采用PMBP萃取-偶氮膦Ⅲ光度法<sup>[1]</sup>，此法灵敏度较低，需反复萃取基体钛及合金元素，操作繁琐，且使用大量三氯甲烷、苯等有机溶剂，对人体健康有害。

近年来，应用偶氮氯膦Ⅲ测定稀土，已有不少报导<sup>[2-3]</sup>，表明它是一种优良的显色剂。本文在此基础上，将该试剂应用于钛合金中铈的测定，我们试验了在乙醇介质中铈与偶氮氯膦Ⅲ形成稳定络合物的条件，拟定了过氧化氢络合钛、钒、钼等主量元素，用氢氧化铵沉淀铈后，再用偶氮氯膦Ⅲ比色测定钛合金中微量铈的方法，获得了满意的结果。带沉和共沉的

### 二、仪器和试剂

1. 72型分光光度计。
2. 硫酸(4.5N)：1：1。
3. 偶氮氯膦Ⅲ(CPA-Ⅲ)：0.02%乙醇溶液。
4. 草酸：10%溶液。
5. 铈标准溶液：每毫升含2微克铈。
6. 镁溶液：1毫升含2毫克镁。
7. 铝溶液：1毫升含2毫克铝。

### 三、分析程序

称取0.1~0.2克试样置于300毫升烧杯中，加1：1硫酸10毫升，加热溶解，滴加过氧化氢，使三价钛紫色消失，冷却。用水吹洗杯壁，加

号5080为DQ-370作对比模拟寿命试验，由于胶料性能差异故寿命试验结果也不同。试验结果表明，该油封结构设计是合理的，选材是适宜的，能够满足液压机械的技术条件和使用要求。

2. 用我厂自行设计制造的橡胶油封性能试验设备，对橡胶油封的各项性能进行测试探讨，结果数据表明，该设备满足了油封性能的测试需要，并为今后开展油封性能研究、材料选择、故障分析、产品延寿、最佳设计参数和油封结构的选择，提供了比较理想的试验手段。

本文由于条件所限对影响油封性能参数变化的因素作的还不全面，有待继续试验探讨。

参加本研究工作的有：洪丽珍、匡世安，

### 参考文献

- [1] 橡胶工业，1975，No.6，7~16。
- [2] 橡胶工业手册，第5分册，石油化学工业出版社，1975年版，18。
- [3] 橡胶工业，1981，No.7，25。
- [4] Lines, P. J. and others, Under lip temperature in rotary shaft seals, Proc, 5th, I.C.F.S, paper, D1, 1971.
- [5] Lines, D. J. and others, The effect of surface roughness and thermal operating conditons on the under-lip temperature of a rotary shaft seal, Proc, 8th, I.C.F.S, paper, C3, 1978.
- [6] 高分子物理，天津大学编，化学工业出版社，1979年版，76。