

# 会呼吸的纸基摩擦片及其对自动变速器性能的影响 (上)

美国雷贝斯托传动产品有限公司是世界上最大的摩擦制品开发商和供应商之一,其纸基摩擦材料在全球范围的OEM离合器系统和制动系统范畴久誉盛名。

美加达汽车配件有限公司是中国最早专门从事经营世界各国自动变速器零配件的公司,其充足的货物储备,完善的库房管理以及合理的产品结构为它赢得了广泛的声誉。

Precision International是目前全球市场上推出新款修包最快的美国汽车自动变速箱修包供应商,为全世界路面上几乎所有型号的自动变速箱研制密封系统的修包,产品不仅供应售后市场,也进入了原厂供货体系。

从本期起,雷贝斯托公司将联合美加达汽车配件有限公司和美国Precision International公司在本刊开设专栏,为广大读者系统地介绍纸基摩擦片、离合器钢片等的工作原理,及其对变速器性能的影响等专业知识。

自动变速器中一个重要的性能件就是湿式离合器的纸基摩擦片,但是在大家的心总有些问题不太清楚,比如摩擦片的工作原理是什么?纸基摩擦片如何影响换挡平顺性?摩擦片与钢片有什么制约关系?对于维修人员来讲,了解了这些,就会知道如何选择摩擦片。

## 一、摩擦离合器的工作机理

摩擦离合器是由多对摩擦副组成的,工作时由摩擦片带动对偶片来实现转矩的传递。自动变速器对摩擦材料的性能极为敏感,要求其能满足换挡时离合器的苛刻要求。当离合器工作时,尤其在离合器切合的开始阶段,由于摩擦片与对偶片之间存在转速差,因此摩擦副之间存在强烈的相对摩擦,摩擦片和钢片之间在极短的时间周期内就会产生热量。虽然热量被传导至离合器组各处,但这样的传导是不均衡的,摩擦片和钢片的表面温度比离合器组其他部件立即高出许多。

众所周知,控制离合器过热是非常重要的,因为过热的离合器表现低劣、磨损较快,会增加变速器油的失效速率,良好的密封安装控油环、衬垫、衬套和足够的润滑剂流动对于离合器寿命至关重要。

由于汽车的拥有者对驾驶和换挡的舒

适性要求越来越高,人们对于离合器过热的控制的实现就变得日益重要,也日益困难。在换挡期间,离合器摩擦材料被压缩,油被从纸中挤出(呼出),并带走不需要的表面热量;而在离合器脱开时,由于摩擦材料的回弹,材料又重新开始吸饱(吸入)自动变速器油,为下一次工作做准备(见图1)——这就是我们所说的摩擦材料的呼吸功能。

通常,换挡越平顺,产生的热量越多。倘若离合器摩擦材料不能以快速散热的速率饱吸并呼出油,那么摩擦材料的摩擦系数就会首先变质(类似于摩擦制动效率的降低),而这将引起离合器停滞时间延长(即更长的换挡时间),从而导致更多热量产生。当温度增加时,油的热变质出现在临界点,变质油的颗粒开始嵌入摩擦材料的表面,发生众所周知的“釉化”现象。周而复始,这样的釉化层限制了通过摩擦材料的油的流动,从而产生更多的热和更多的釉化。

很明显,能够强有力的快速“呼吸”油的材料可以保持冷却器的功能,减少潜在的釉化,提供更好的性能表现和耐久性。



图1 摩擦材料的传热过程示意图

## 二、配方控制性能

由于各厂家生产摩擦材料的配方不尽相同,因此市场上看到的摩擦材料有黄色、绿色和黑色的,有的手感软有的手感硬。那么到底哪种更好呢?

众所周知,摩擦片和钢片产品都有严格的表面平整度要求,对对偶钢片的表面粗糙度的要求也很苛刻,这样要求的目的是保证每一次的工作都能有足够的摩擦面积相互接触。试想,两个刚性硬表面相接触的情况如图2所示,再如图3所示一个软表面和一个硬表面相接触,由于所有的表面微观上都是起伏不平的,当然用一个软的表面和硬表面相接触是更能够保证全面积接触了。

摩擦力的计算公式为:

$$f = \mu F_N$$

(公式中,  $f$  为滑动摩擦力,  $F_N$  为正压力,  $\mu$  为滑动摩擦系数)

其中,摩擦力的大小与摩擦面积没有关系,但是正压力  $F_N$  却是离合器的系统压力在摩擦面积上的平均分布。如果两个表面如图2所示的接触都是硬表面,那么势必会出现凸起的表面承受比理论计算高的正压力。



图2 两个刚性硬表面相接触的情况

图3 一个软表面和一个硬表面相接触的情况

在摩擦系数确定后,较高的正压力将导致较高的摩擦力,而高摩擦力的摩擦结果是产生更多的热量,同时由于热胀冷缩的原理,会使得高点在更热的情况下更高,而承受越来越多的正压力,最后循环至钢片表面,出现称之为“热点”的黑点,导致变形失效,这是我们不希望的。

一般而言,大部分湿式摩擦离合器片的组分是相似的。典型的摩擦材料是由包括赛璐珞纤维、树脂、粘合剂等构成的多孔性材料,但是它特殊的填充剂、纤维和其他成分造成了不同的摩擦纸的区别。配方是各个制造企业的技术秘密,影响摩擦纸耐久性的指标包括孔隙度、可压缩性、渗透性(呼吸油的能力),大量的实验证实了所有这些特性都对离合表现及离合耐久性产生直接的影响,呼吸油量多的摩擦材料当然就会在耐热性能上更好些。材料的配方不但决定这些指标同时还决定材料的摩擦系数和耐磨特性,所以说配方控制性能。

### 三、摩擦片和换挡平顺性

不少人都有过换挡时发生换挡抖动、颤动或冲击的感受,在变速器维修时也经常会为如何消除这些现象而大伤脑筋。影响这些问题的因素很多,有液压系统方面的也有机械系统方面的,但摩擦材料也会对其造成影响,尤其是在售后市场进行变速器修理的时候。

图4是摩擦副在一个摩擦循环中的力矩变化图形,从图中可以了解到,在压力一定时,动态摩擦系数是在一定范围中变化的,正是这个变化造成了图中的马鞍形曲线。摩擦系数的变化越大,马鞍形的凹心深度越大。

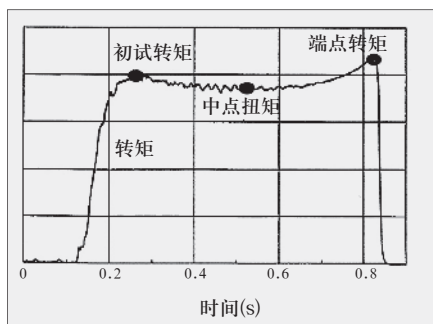


图4 摩擦副在一个摩擦循环中的力矩变化图形

当离合器在完成一个摩擦循环的过程中需要经历大范围的摩擦系数变化时,这个工作过程产生抖动和颤动的几率就会增加。所以主机厂选择摩擦材料时通常要考核摩擦材料的摩擦系数是不是能达到要求的范围,即中点摩擦系数 $\mu_m$ 的范围和端点摩擦系数与中点摩擦系数的比值(简称“端中比”) $\mu_e/\mu_m$ 。工程希望换挡离合器摩擦材料的端中比值能最大限度地接近于1,以减少换挡时发生抖动或颤动的可能。这种选择通常是通过三个基本实验完成的,分别是SAE J2490  $\mu$ PVT多等级摩擦评价试验、SAE J2487 Step Power能量阶梯实验和SAE J2489 Durability耐久性实验,这三个SAE标准实验都是在这台SAE2#标准实验台架(见图5)上完成的。

每个实验都会考察上面两个指标在整个实验过程中的变化情况,所以经过主机厂认可的摩擦材料在基本性能上都会得到保证。那么其他与摩擦片直接相关的影响因素还有什么呢?我们知道,摩擦片和钢片从刚刚接触到把摩擦材料中吸入的油都呼出要经历一个对摩擦材料的压缩过程。这一过程中对于换挡平顺影响最大的因素就是摩擦材料的弹性。如果摩擦材料的刚性(或者说是硬度)太大,活塞的推进力不能得到有效的缓冲甚至产生回弹时,摩擦副的结合就不稳定,就会产生换挡冲击。在售后市场修理变速器时,很多时候即使换了新的摩擦片,仍然会产生换挡冲击,有的多次调整也不能解决。其实原因就是在进行更换时,没有更换的钢片或是摩擦片已经使用了一段时间,由于磨损导致厚度发生变化,从而使离合器的间隙比设计值大,在工作时,单片移动的工作行程加长。这段加长的行程使得摩擦面结合不稳定而造成冲击。当然,如果摩擦片的生产商不是原供应商,那么由于产品可能出现的测绘差异、精度差异也会造成摩擦面结合不稳定产生的换挡冲击。

为了解决类似问题,市场上出现了特殊的摩擦片,叫作“高能片”。这种摩擦片使用了一种高强度的化学合成纤维“凯夫拉”。凯夫拉是美国杜邦公司为生产防弹防刺衣而研发的产品,具有高耐热、高强度和



图5 SAE2#标准实验台架

高弹性,用这种纤维与树脂混合生产的摩擦片的表面耐温可达400℃以上。这类摩擦片在浸油后颜色会变黑,且表面有一层茸毛站立,这些茸毛就是坚韧的凯夫拉纤维,这种现象在切制油槽处会更加明显。

这些茸毛由摩擦纸的肌体将其固定住,它在离合器切合时起到附加的缓冲作用,在摩擦面真正结合前消除各种外来因素导致的换挡冲击、颤动或抖动。通俗地讲,可以想象这样的场景:一个人平躺着从高处落下,落到一片茂密的草地上和直接落到硬土地上相比,一定是落到草地上受到的冲击更小。

在离合器切分时,这些高弹性的茸毛又会伴随着摩擦片的呼吸作用从切合时被压的倒伏状态反弹回到站立状态,从而分裂开在摩擦副之间的油膜,帮助离合器片脱离。(未完待续)

本栏目由以下企业提供支持

**Raybestos**  
POWERTRAIN

**ALLOMATIC**

**PRECISION**  
INTERNATIONAL

**AUTOMJD**  
美加达自动变速箱配件有限公司 www.gzmjd.cn