

# 液力自动变速器通气塞喷油机理及解决办法

巩明, 魏存洋

西安双特智能传动有限公司 陕西西安 710119

**摘要:** 通过试验复现市场上液力自动变速器通气塞喷油现象, 结合流体力学和变速器工作原理, 得出液力自动变速器通气塞喷油机理, 并给出了相应的解决办法。

**关键词:** 液力自动变速器; 流体力学; 通气塞喷油

在液力自动变速器工作时, 除了内部零部件所需的润滑压力使变速器油温升高外, 换挡时各离合器结合所需要的控制压力对变速器油温升高作用更加显著。随着油温的升高, 变速器内腔中的气体压力也逐渐增大, 如果没有压力平衡装置, 会使密封件受损, 如油封、密封圈等, 导致变速器漏油甚至失效, 所以在设计变速器时会增加一个通气塞来平衡变速器工作时的内腔压力, 保证变速器的正常工作。

然而, 在市场上经常出现通气塞喷油现象, 本文针对通气塞喷油现象进行了复现试验, 结合流体力学及液力自动变速器工作原理, 得出液力自动变速器通气塞喷油机理, 并给出了相应的解决办法。

## 复现试验

随机挑选一台测试合格的液力自动变速器, 将其

装配在台架试验台上, 加注油液至标准油位。为方便观察通气塞喷油现象, 本试验用透明塑料管(带安装螺纹及刻度线)代替通气塞, 如图1所示。



图1 通气塞喷油复现试验

手动控制电动机将变速器输入转速按 600r/min、1000r/min、1300r/min、1500r/min、1800r/min和2100r/min

分别在各档位下（共6个前进挡）稳定 5s，然后开始降速直至电动机停止，记录变速器油液温度和透明塑料管喷油情况。

通过试验发现，当变速器在1挡工作（变矩工况）、输入转速达到2100r/min、变速器油液温度高于110℃，同时满足上述三个条件时，在电动机停止后2~10s内，透明塑料管会发生喷油现象，但是喷油的概率并不高，大约在10%，监控数据如图2所示。

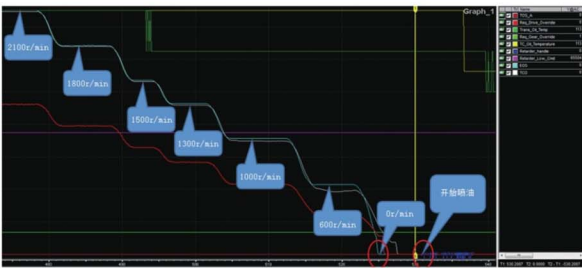


图2 试验监控数据

为进一步探究通气塞喷油与输入转速、稳定时间的关系，在变速器油液温度大于110℃的前提下，手动控制电动机将变速器输入转速按 1500r/min、1800r/min、2100r/min分别在1挡工作（变矩工况）下稳定30s和60s，然后开始降速直至电动机停止，观察并记录透明塑料管喷油高度。记录数据见表1。

表1 复现试验透明塑料管喷油高度

| 序号 | 输入转速/<br>(r/min) | 稳定时间/s | 喷油高度/mm |
|----|------------------|--------|---------|
| 1  | 2100             | 30     | 300     |
| 2  | 2100             | 60     | 500     |
| 3  | 1800             | 30     | 未喷油     |
| 4  | 1800             | 60     | 220     |
| 5  | 1500             | 30     | 未喷油     |
| 6  | 1500             | 60     | 未喷油     |
| 7  | 1500             | 120    | 150     |

通过试验可以得到以下结论：

- 1) 只有在1挡（变矩工况）工作，电动机停止后通气塞会发生喷油现象。
- 2) 通气塞喷油概率与工作稳定时间成正比。
- 3) 通气塞喷油高度与变速器油液温度、输入转速、输入转速稳定时间成正比。

相关概念

(1) 气体的溶解度 在一定温度和压强下，气体

在一定量溶剂中溶解的最高量称为气体的溶解度，随温度和压强的变化而变化。当压强一定时，气体的溶解度随着温度的升高而降低，温度升高，气体分子运动速度加快，容易从液面逸出；当温度一定时，气体的溶解度随着压强的增大而增大，当压强增大时，液面上的气体浓度增加，进入液体的气体分子比从液面溢出的分子多，从而使气体的溶解度升高。

(2) 能量守恒定律 在流体力学中称为伯努利效应，即流体速度加快时，物体与流体接触的界面上的压力会减小，反之压力会增加。

(3) 油液气泡 油液在生产、储运及出厂前的过滤工作都是在大气压力下进行的，因此油液中含有空气。实践证明，溶解于油液中的空气对油液的物理性质没有什么直接的影响，但溶解了一定数量的空气、处于饱和状态的油液，在油液压力发生变化时，过饱和的空气会被析出，使油液中的微气泡聚集形成足够大气泡析出到系统中。

(4) 液体表面张力 油液黏度大，表面张力小，气泡逸出油液表面时不容易破裂，浮在油液表面，形成一层油液保护膜，油液内部的气泡层出不穷地从油液中溢出，顶起浮在表面的气泡，使得气泡携带油液向上移动。

(5) 油泵吸油 油泵吸油时，油泵齿轮旋转，在泵入口形成负压，油液和气体一同被吸入油泵，经过齿轮啮合挤压后形成高压，气体分子混入油液，一同进入变速器油道。

(6) 变矩工况 变矩工况时，压力、流速变化急剧，会产生大量的气泡，变速器突然降速，油液由于惯性仍然处于流动状态，已经停止的变矩器三元件（涡轮、泵轮、导轮）变成阻力，油液会在接触壁面上产生大量气泡。

喷油机理

液力自动变速器开始工作时，油泵从油底壳将溶解在油液中的空气同油液一起吸入油泵，并经过齿轮啮合挤压使油液压力升高。

当变速器在1挡变矩工况下工作，油道内的控制油液压力达到2MPa以上，油液温度达到110℃以上时，变速器突然制动，油泵停止工作，油液由于惯性仍然处于流动状态，已经停止的变矩器三元件（涡轮、泵

轮、导轮)则变成了阻力。油液会在接触壁面上产生大量气泡,而且油道内的控制油液压力急速降压增速,气体溶解度急速降低,油液中的气体发生过饱和现象,将微气泡聚集形成足够大气泡从油液中析出,携带油液快速向低压区膨胀,最终从通气塞处喷出。

## 解决办法

(1) 通气塞位置 通气塞应设置安装在固定位置,避免处于旋转件位置。

(2) 通气塞处的腔体形状 采用漏斗或开阔形状,给气泡溢出液面后留足够的空间,防止使用环带、倒漏斗形状。

(3) 油液高度 油液高度尽量避免接触任何旋转类零件,尤其防止热油状态下液体膨胀、发泡,造成恶性循环。

(4) 通气塞结构 尽量采用长管型、节流型、折叠回路、迷宫回路、油气分离网及分离粘接材料(陶瓷)。

(5) 液压系统优化 增加溢流阀和背压阀,减缓变速器油液压力和流速急剧变化时油腔内的压降率。

(6) 电控系统优化 增加禁止转速进入急剧切换状态命令。

(7) 变速器油温控制系统优化 选用散热能力强

的冷却器,使变速器工作时最高油温尽量控制在100℃以下。

## 结语

由于液力自动变速器的润滑和控制都需要大量的油液,而且变矩器工作时油液压力和流速变化剧烈,因此通气塞的布置在液力自动变速器中尤为重要。目前国内液力自动变速器技术水平与国外仍然存在差距,在开发时合理准确地布置通气塞安装位置难度较大,导致在市场上仍然有时发生通气塞喷油现象。如果无法找到通气塞喷油的根本原因,为保证车辆的正常使用,通过调整通气塞结构也可以杜绝此问题的发生。

## 参考文献:

- [1] 万耀青.自动变速器技术[M].北京:人民交通出版社,2017.
- [2] 田晋跃.车辆自动变速器构造原理与设计方法[M].北京:北京大学出版社,2009.
- [3] 张兆顺,崔桂香.流体力学[M].3版.北京:清华大学出版社,2015.
- [4] 马文星.液力传动理论与设计[M].北京:化学工业出版社,2004. **AUTO1950**

(上接第54页)

三挡滚针轴承,再套入由从动三挡齿总成、三挡同步环、三/四挡同步器组成的合抱体,然后再用压机压装,改为先装三挡滚针轴承,再单独将三挡从动齿总成安装到位并盘转齿轮一圈以上检查灵活性,然后再将由三挡同步环、三四挡同步器组成的合抱体,压装到位(见图9)。

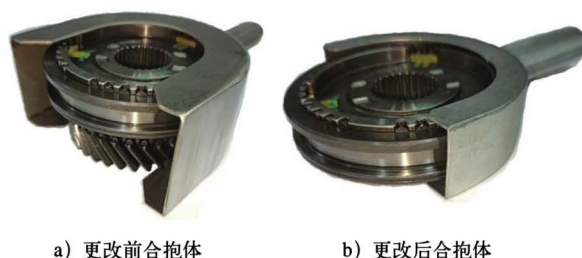


图9 更改前后合抱体

2) 在变速器出厂校验工艺中,增加各挡退回空挡

后停留3~4s的要求,确保校验人员能充分识别出该异响。

## 2.跟踪验证

自采取上述措施后,已持续跟踪统计一年,该变速器在客户现场及售后市场的质量表现,均未再发现因滚针挤压划伤导致的急速异响问题,证明上述措施有效、可行。

## 结语

通过以上措施的实施以及批量跟踪验证,结果证明上述措施有效,装配过程中滚针轴承挤压划伤导致的异响问题得到彻底解决,能够为变速器异响问题的分析、解决提供一些实践参考。 **AUTO1950**