

某DCT双离合变速器电子油泵 建压失效分析

李昌炎

柳州上汽汽车变速器有限公司 广西柳州 545006

摘要： DCT双离合自动变速器与传统汽车变速器相比，传动效率更高，油耗更低，换挡更平顺。DCT变速器在控制上增加了电动机驱动体系和液压控制系统，电子油泵是DCT变速器液压系统动力源，主要作用是为变速器提供冷却油，为执行机构提供液压动力，是保证系统在各种工况下充分发挥性能的前提。其中油泵的性能、品质对变速器影响极其重要，因此解决油泵电动机运行过程中出现的问题，对提高DCT自动变速器控制系统的可靠性有着重要意义。

关键词： DCT双离合变速器；EOL测试；电子油泵；液压系统

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.09.014

DCT双离合自动变速器具有成本低、传动效率高、换挡平顺的优点，其内部的换挡逻辑均由液压系统完成。液压系统的核心动力来自于电子油泵，电子油泵作为DCT变速器的重要零部件，通常集成在液压控制单元HCU液压系统的阀板上，是液压系统的动力源，主要功能为DCT变速器完成离合器结合、同步器换挡及齿轴的喷淋润滑等，是保证DCT液压系统在各种工况下充分发挥性能的前提。因此，解决电子油泵应用过程中出现的问题，对后续从制造和设计上提高液压系统系统可靠性有着重要指导意义。

问题描述

某SUV车辆在发动机停车状态下偶尔出现驻车无法退出P挡的情况，多次执行后故障消除。该车辆搭载的是DCT湿式双离合自动变速器，驻车机构设置在变

速器输出轴位置，通过DCT变速器上的HCU阀板控制液压执行机构实现驻车动作。

调取行车记录冻结帧，发现DCT自动变速器内部压力不足，无法让驻车机构执行出P挡动作，但故障数据显示电子油泵转速一直正常，更换变速器总成后车辆故障修复。

由于市场反馈该故障较为普遍，要求对故障出现较为频繁的总成返厂分析。返厂后重新上生产线尾EOL测试台架进行复校验，发现部分总成再校验完全正常，但部分总成在前几次校验时，虽然电子油泵转速正常，基本满足设定的2000r/min，但主油路压力传感器检测压力不足，DCT变速器出现了建压失败现象，如图1所示。在多次反复测试后故障消除，主油路压力建立正常，之后不再复现故障，与整车反馈的故障相同。

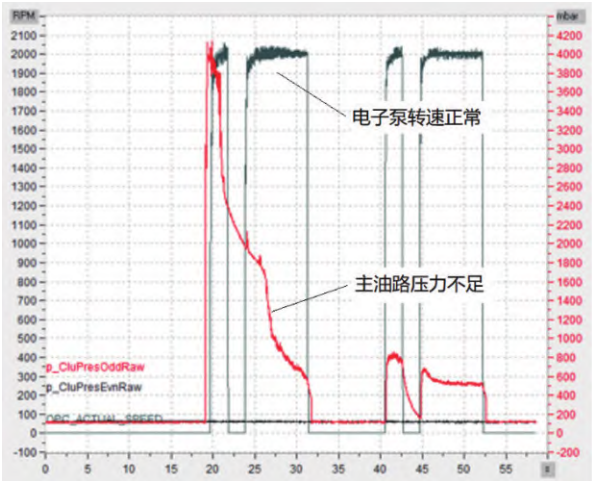


图1 DCT变速器总成校验情况

问题分析

根据故障表现，建压失败总是偶然出现，多次校验后不再复，带着这个问题，对DCT电子油泵及阀体在DCT变速器总成上的安装位置做分析。由于该DCT变速器内部采用喷淋润滑，出于对传动效率和成本考虑，润滑油的油位定义较低，如图2所示。

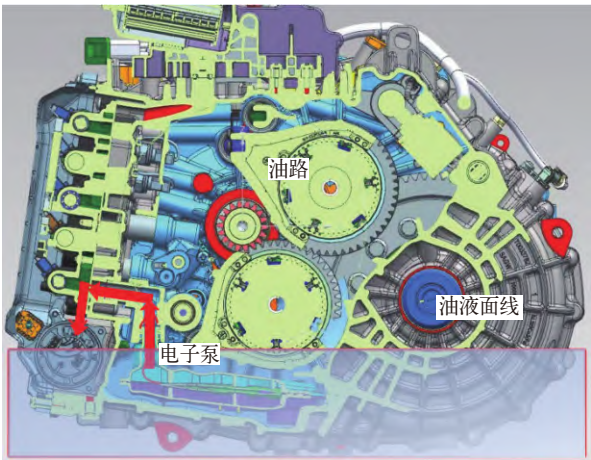


图2 DCT变速器截面

在车辆上电后，电子油泵以2000r/min转速运转，润滑油通过图2中箭头所示的路线被吸入电子油泵中，再通过电子油泵将润滑油压入阀体主油路。

如果车辆长时间停放，润滑油在重力作用下就会逐渐回流到DCT变速器壳体底部，导致从阀体吸油口到电子油泵之间的油路没有润滑油，出现一小段空气，当电子油泵上电工作后，就需要更强的吸力来排出空气。

当润滑油充满油路和电子油泵内腔后，电子油泵

维持连续泵油将变得容易。这就是为什么在阀体在有油或者残油情况下压力容易建立起来，而在阀体油路和电子油泵严重缺油的情况下电子油泵无法将油吸入电子油泵内，导致阀体油压不足的原因。

有了这个分析基础，就能够解释为什么电子油泵的供应商对电子油泵做100%的油液流量测试无法筛选出故障电子油泵。为了能够有效检测出电子油泵的故障，在不损坏内部齿轮的情况下，要求对电子油泵做短时间的排气测试。对比故障电子油泵与合格电子油泵60s的排气情况，发现电子油泵对空气的排量有明显区别，见表1，可以确定电子油泵内部存在微小的泄漏。

表1 故障/合格电子油泵排气差异

流水号	目标转速 / (r/min)	流量 / (L/min)	电源电流 /A	相电流要求值 /A
建压OK泵	2000±50	4.35	12.16	≤16
建压NG泵		1.33	12.45	≤16
建压OK泵		4.34	11.86	≤16
建压NG泵		1.25	11.87	≤16

至此，问题原因锁定在电子油泵上。分析电子油泵结构原理（见图3），接插件通过连接器与控制器联接，接收控制器发出的信号，通过对电动机三相的通电时序控制，实现电动机按控制器要求的转速旋转。



图3 电子油泵外接口

电动机通过转子轴和销轴带动油泵主动齿轮转动，油泵的主动齿轮和从动齿轮通过密闭容积变化从出油口吸油，并以一定的压力将油液送至出油口。由于电动机部分转速正常，需要继续分析齿轮泵部分工作原理。

齿轮泵部分包含齿轮泵壳体、主动齿轮、从动齿轮和油泵齿侧盖板，如图4和图5所示。主动齿轮随电动机转动，从动齿轮通过啮合与主动齿轮同步转动。两啮合的轮齿将壳体、侧板和齿轮包围的密闭容积分成两部分，轮齿进入啮合的一侧密闭容积减小，经压

油口排油，退出啮合的一侧密闭容积增大，经吸油口吸油。

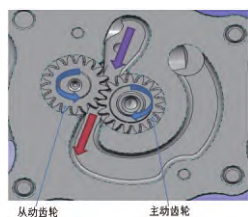


图4 齿轮泵结构

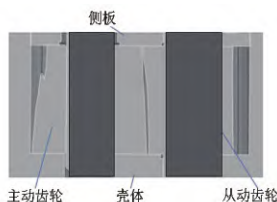


图5 齿轮泵剖面

对故障电子油泵单体件拆解，未发现明显异常，初步认为故障原因并不是粗大误差导致。为了找到微小的差异，需要依次互换故障电子油泵及其相关零件，通过反复互换和测试，可以排除电子油泵齿轮泵壳体、主动齿轮、从动齿轮几个零件的问题，主要原因锁定在油泵齿侧盖板上，如图6所示。



图6 故障电子油泵单体件拆解

通过细心观察比对发现，故障油泵的齿侧盖板表面存在不均匀的微小划痕，如图6b所示，初步锁定是由于油泵齿侧盖板的平面度不合格导致。用三坐标测量仪检测油泵齿侧盖板的平面度以及与密封性相关的几个尺寸，检测结果见表2，油泵齿侧盖板右边平面的平面度均略有超差，其他尺寸合格。由于平面度超差很少，所以齿轮腔对液体的密封性没有太大影响，而对气体的密封性影响就比较大，导致在内部缺油情况下无法建压，在油液充满后建压正常。

表2 油泵齿侧盖板检测结果 (单位: mm)

电子油泵编号	校验情况	平面度 (左)	平面度 (右)
1#	NOK	0.0041	0.0330
2#	NOK	0.0069	0.0220
3#	NOK	0.0031	0.0320

改进及效果

油泵齿侧盖板供应商对油泵齿侧盖板表面增加研磨工艺，确保油泵齿侧盖板平面度符合0.015mm要求，并将改进后的油泵齿侧盖板用于故障电子油泵的批量返修，跟踪返修总成的上线EOL测试效果。

经过对100台返修总成的跟踪验证，DCT变速器总成均一次减压成功，建压失败问题得到有效解决，如图7所示。跟踪100台DCT变速器总成的整车装车效果，均未见客户反馈驻车出P挡失败问题，改进效果明显。

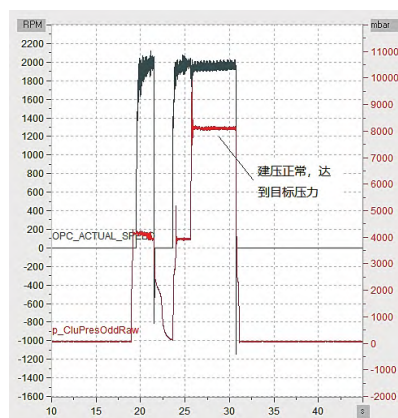


图7 DCT变速器总成校验情况

结语

文章对DCT变速器系统电子油泵建压失败问题进行了分析，首先分析驻车及电子油泵的工作原理，锁定故障件，查找故障部位，初步确定原因，最后确定故障原因是油泵齿侧盖板平面度超差，进而改进油泵齿侧盖板关键尺寸最终解决问题。

目前汽车行业处于快速发展阶段，DCT自动变速器系统电子油泵还存在许多需改进的地方，不断总结市场出现的问题将有利于后续产品的持续优化。

参考文献:

- [1] 沈永胜. 机械原理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [2] Harald Naunheimer. 汽车变速器理论基础、选择、设计与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- [3] 方立辉, 辛海霞, 郝美刚, 等. 高低温对混合动力用自动变速器电子油泵性能的影响研究[J]. 汽车实用技术, 2021, 46 (21): 149-152.
- [4] 曾鹰. 自动变速器电子油泵电动机控制方法研究[J]. 汽车零部件, 2021 (7): 30-33. **AUTO1950**