

湿式双离合器自动变速器 冷却系统设计与验证

湿式双离合器自动变速器(DCT)是一种新型的自动变速器,主要由油泵、湿式双离合器、电子控制系统、液压系统以及齿轮等硬件组成。DCT包含两个输入轴,一个输入轴控制奇数挡齿轮,另一个输入轴控制偶数挡齿轮,由电子控制系统和液压系统控制各挡位的结合与分离。换挡时,一个离合器将已啮合的齿轮失去动力,同时另一离合器使预啮合的齿轮得到动力。通过两个离合器的交替工作实现连续传递动力,具有换挡平顺、效率高、舒适性好的优点。

与手动变速器相比,DCT动力传递部件不仅包括相互啮合的齿轮副,还包括油泵、阀体和双离合器等零部件。这些零部件在工作时因功率损失产生大量热量,使得DCT润滑油温度升高,DCT润滑油长期在高温下工作容易老化。老化的DCT润滑油会导致双离合器及同步器摩擦片的烧蚀、齿轮点蚀、胶合以及橡胶密封件的老化等现象,降低DCT的寿命。因此DCT需要一个冷却系统,将DCT润滑油的温度控制在合理的范围内,增加润滑油和DCT的寿命。

DCT冷却系统设计

1.DCT冷却系统类型

DCT冷却系统的作用是保证DCT的润滑油工作

在正常的温度范围内。目前自动变速器上常用的冷却系统有风冷式和水冷式两种。风冷式冷却系统利用汽车行驶时周围的空气流经变速器冷却器,将润滑油的热量直接散入到大气中,但受风速影响较大,汽车在低速连续换挡或爬坡工况时,由于风速较小导致冷却效果不明显。此外,在冬季变速器刚起动时,变速器油温上升较慢,不利于变速器刚起动时的工作。水冷式冷却系统利用发动机的冷却水与自动变速器的润滑油实现热交换,通过发动机的冷却水将自动变速器润滑油的热量散发出去,并且在冬季起动时可以利用发动机冷却水对自动变速器润滑油进行加热。

综合考虑风冷式冷却系统和水冷式冷却系统的优缺点以及DCT的工作特点和整车布置环境,本文为DCT设计了一套水冷式冷却系统。冷却器采用整体式,由冷却翅片、安装底板以及管路接头组成。冷却器通过冷却水和润滑油进行换热冷却,冷却翅片可增加水和润滑油的散热面积。在冷却器内部冷却水和润滑油相互隔开独立流动,一层水通道,一层油通道,这样可保证水流和油流的接触面积更大。此外,DCT冷却系统设计时保持冷却水的流动方向和润滑油的流动方向相反,逆流的设计保证更好的冷却效果。

2.DCT冷却系统循环水路

发动机的冷却水循环包括大循环和小循环。大循环的特点是冷却水水量较大，并且冷却循环水经过散热器，经散热器散热后水温相对较低，但是只有在冷却水的水温高于节温器开起温度时才会有冷却水循环。小循环的特点是冷却水水量相对较小，水温也相对稍高，但只要发动机处于工作状态就有冷却水循环。为保证时刻有冷却水流过DCT冷却系统中的冷却器，与DCT的油路实现热交换，选择从发动机小循环处接冷却水通往冷却器。某发动机的水泵排量特性如图1所示，发动机转速5000r/min时，水泵的排量达到90L/min，根据发动机水路的设计去往DCT冷却器和空调暖风机的流量约为24%，即21.6L/min。采用DCT冷却器与暖风机并联的方式，将DCT冷却器接入到发动机的冷却循环系统中，利用发动机的水循环和DCT的润滑油实现热交换。冷却水循环路线如图2所示。

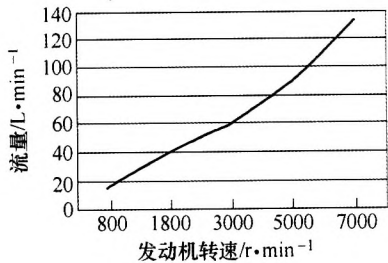


图1 水泵流量特性

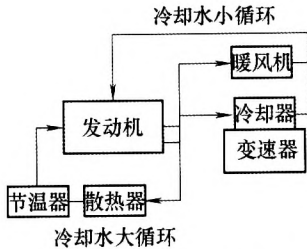


图2 DCT冷却系统循环水路

3.DCT冷却系统循环油路

DCT冷却系统的目的是利用冷却水将双离合器自动变速器润滑油的热量带走。

热平衡公式为：

$$Q=C\times q\times T$$

式中 Q ——润滑油吸收/散发热量 (W) ；
 C ——润滑油比热 (J/ (kg K)) ；
 q ——润滑油的质量流量 (kg/s) ；
 T ——润滑油温度差 (℃) 。

根据热平衡公式可知，增大DCT润滑油通过冷却

器的流量，可以获得更好的冷却效果，但同时要考虑双离合器对润滑油量的需求，以及冷却器的压力降对油路的影响。综合考虑设计的DCT冷却系统的油路循环如图3所示。DCT冷却系统的油路系统主要包括油泵、安全阀、压力调节阀、冷却器等，图中a、b、c、d、e、f、g为节流口。

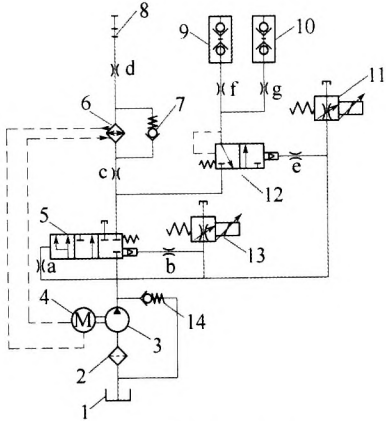


图3 DCT冷却系统循环油路

- 1.油箱 2.滤清器 3.油泵 4.发动机 5.压力调节滑阀 6.热交换器
7.旁通阀 8.轴齿 9、10.离合器C₁、C₂ 11、13.比例电磁阀
12.润滑冷却滑阀 14.安全阀

DCT冷却系统油路中的压力调节系统实现对DCT的压力进行调节，通过一个滑阀和电磁阀控制压力。压力调节的原理利用的是滑阀阀芯平衡，即作用在滑阀两端的力相等。压力调节滑阀一端作用力为可变量比例电磁阀控制油压产生的先导压力和弹簧力，另一端作用力为冷却系统的主压力。电磁阀是可变量比例电磁阀，通过电子控制系统调节电流值，电流的大小决定了电磁阀泄漏量的大小，通过泄漏量的改变来调节作用在压力调节滑阀的端部先导压力的大小，冷却系统的主压力随先导压力的变化而改变。同时，主压力不同，压力调节滑阀阀芯的位置则不同，从而影响去往冷却器及离合器润滑冷却的流量。

冷却器油路与润滑冷却油路设计为并联模式。由于双离合器不滑摩时，需要的冷却流量较小，将冷却器设计在双离合器润滑油路上会影响冷却器的散热性能。在冷却器的油路上设计了节流口c，用于控制去往冷却器的流量，当油泵在低速转动时，还可保证去往离合器润滑的流量需求。在润滑油的压力降不变的情况下，节流口的面积越大，去往冷却器的流量越大。在双离合器润滑冷却油路上设计了一个润滑冷却调节系统，通过电子控制系统控制作用在电磁阀上的电流

大小, 实现在不同工况时双离合对润滑流量的需求。

试验验证

为验证所设计的DCT冷却系统的效果, 对装载此DCT冷却系统的整车进行了热平衡试验。试验的环境温度为40℃, 光照强度950W/m², 车辆满载, 空调内循环最大开度, 测试装载DCT的整车在怠速、高速(车速130km/h)、爬坡(坡度12%)三种工况下的变速器的油温情况。在三个工况点进行试验时, 油温与水温达到平衡时终止试验, 即水温差及油温差均小于5℃/min。

如图4所示为怠速工况时DCT冷却系统的热平衡曲线。达到热平衡时, 冷却器的进油温度为92.4℃, 出油温度为92.5℃; 冷却器的进水温度为92.75℃, 出水温度为91.875℃。从图4中的曲线趋势以及达到平衡后的冷却器的进、出水温度以及冷却器的进、出油温度来看, 此时冷却器的进出油温度和进出水温度基本不变, 此时冷却水不起冷却作用, 反而对润滑油略有加热作用, 润滑油的整体工作温度为92.5℃左右。

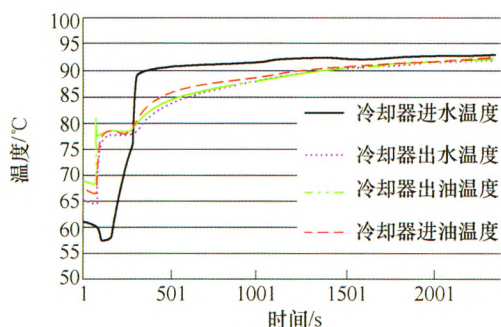


图4 怠速工况时DCT冷却系统温度

图5所示为高速工况时(车速130km/h)的DCT冷却系统热平衡曲线。达到热平衡后冷却器的进水温度为106.8℃, 出水温度为112.75℃; 冷却器的进油温度为125.1℃, 出油温度为115.1℃。从图5中可以看出, 在高速工况的开始阶段, 冷却器的进水温度高于冷却器的进油温度, 此时发动机冷却水对DCT润滑油进行加热, 经过刚开始的阶段后, 冷却器的进水温度和冷却器的进油温度不断上升, 此时发动机的冷却水温度低于DCT润滑油的温度, 发动机冷却水开始对DCT润滑油进行冷却, 冷却后DCT润滑油温度下降了10℃左右。

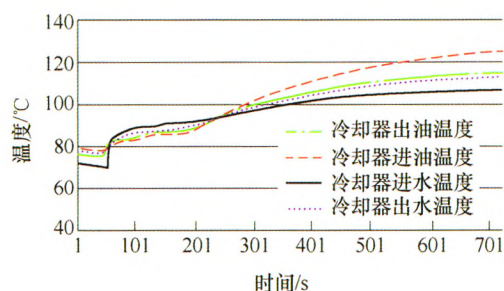


图5 高速工况时DCT冷却系统温度

图6所示为爬坡工况时(坡度12%)的DCT冷却系统热平衡曲线。达到热平衡后冷却器进水温度为115.2℃, 出水温度为117.25℃; 冷却器进油温度为117.3℃, 出油温度为115.2℃。根据热平衡的曲线分析可知, 达到热平衡后发动机冷却水对润滑油起到冷却的作用, 可降低DCT润滑油的温度, 但是冷却效果没有高速时明显。

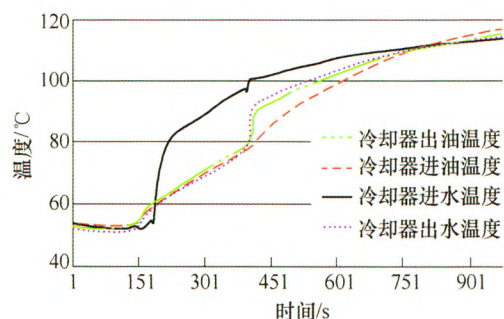


图6 爬坡工况时DCT冷却系统温度

结语

由于DCT中包含油泵、阀体、双离合器、齿轮等耗能元件, 导致DCT的发热量相对较高, 为保证DCT润滑油的使用寿命, 我院为DCT设计了一套油路冷却系统。将设计的冷却系统运用到整车中进行热平衡试验, 通过选取怠速、高速、爬坡三种工况进行热平衡试验。试验结果表明, DCT冷却系统对润滑油起冷却作用, 尤其在高速行驶时, 冷却效果最好, 在怠速温度不高时, DCT冷却系统不起冷却作用, 维持润滑油在合适的油温下工作。

关键词:

湿式DCT 双离合器 冷却系统

(收稿日期20130508)