

气液混合离合器控制系统的开发

伴随着现代微电子计算机，机、电、液（气）一体化等技术的不断进步，同时在当今对车辆燃油经济性和排放要求，以及驾驶者对汽车的方便性、舒适性、可靠性要求越来越高的形势下，自动机械式变速技术的优点已经越来越突出，该技术已经成为世界各国汽车零部件供应商和整车生产厂家竞相开发的热点。AMT（自动机械变速器）在自动变速器中具有效率高、成本低等优势，其应用的范围越来越广。

目前，AMT系统广泛使用的执行机构有三种方案：电动机执行机构方案、液压执行机构方案和气动执行机构方案。电动机执行方案具有成本低、部件少、直接使用车上电瓶为动力源，不需要另外附加装置等优点。主要缺点是单位输出功率小；液压方案技术成熟、可靠性高，加工要求高、成本高、结构复杂、辅助部件多；而气动控制结构简单、成本低、可靠性高、辅助部件少、无污染等，气体的可压缩性高，精确控制困难。本文根据气控AMT系统中离合器控制的自身特点，设计了气液一体化的离合器控制系统，介绍了此系统的结构、原理以及控制策略，并通过实车试验进行了验证。

设计目的

离合器作为AMT系统控制中重要的环节，离合器结合的快慢对整车的驾驶性能、舒适度和安全性起到关键性作用。介于目前AMT系统多数采用电动机或液压缸直接驱动离合器，需单独提供大功率电动机或液压源。由于没有充分地利用整车提供的气源，大大增

加了管路、设备以及成本，同时也增加了AMT系统的故障点。如果采用气动控制，因气体难以精确控制，单独采用气控离合器很难满足实际需要。

针对上述问题，设计了气液一体化的离合器控制系统。该系统不但满足整体成本基本不变，同时也满足AMT系统对离合器的精确控制。

结构原理

该系统的原理示意和结构分别如图1和图2所示。气控离合器自动控制系统主要分为五个部分：主气缸（分离离合器执行机构）、液压缸（分离离合器限位、精确控制离合器结合执行机构）、离合器传感器（反馈离合器行程）、气动电磁阀（主气缸进排气控制）、液压比例阀（精确控制离合器行程）。

（1）离合器初始状态结合 气动电磁阀关闭，液压比例阀打开，确保液压缸左右连通。

（2）离合器分离过程 气动电磁阀打开进气，待

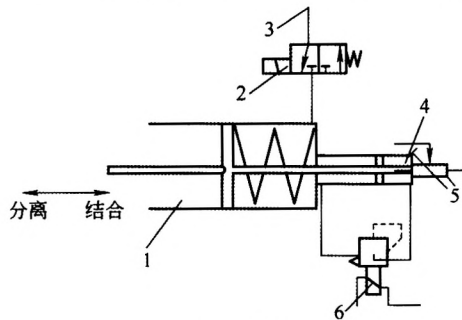


图1 原理示意

1.主气缸 2.气动电磁阀 3.整车气源 4.液压缸
5.位移传感器 6.液压比例电磁阀

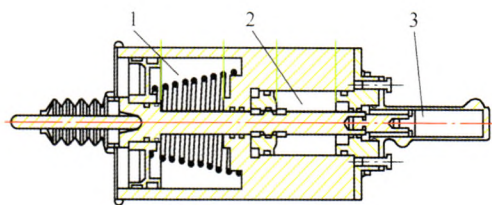


图2 离合器控制系统结构

1.主气缸 2.液压缸 3.离合器传感器

离合器刚好彻底分离时，同时关闭液压比例阀和气动电磁阀，此时液压缸左腔受活塞压力产生阻力阻止离合器继续分离，使离合器保持当前位置。

(3) 离合器结合 气动电磁阀关闭、主气缸排气，液压比例阀开始仍关闭，液压缸活塞往右运动，压迫右腔，右腔液压油大于左腔，离合器结合速度受右腔液压油压力大小控制，此时通过控制液压比例阀，达到离合器的快慢结合。

考虑到液体弹性模量为 $2.1 \times 10^9 \text{MPa}$ （空气弹性模量为 $1.4 \times 10^5 \text{MPa}$ ），其压缩性几乎忽略不计，所以只要液压阀开始动作就能确保活塞停止运动，达到离合器位置精确控制的目的。

控制策略

在控制离合器的过程中，离合器分离要迅速，以避免离合器磨损加剧，缩短换挡周期。离合器结合过程中分为分离状态、滑磨状态和结合状态（见图3）。

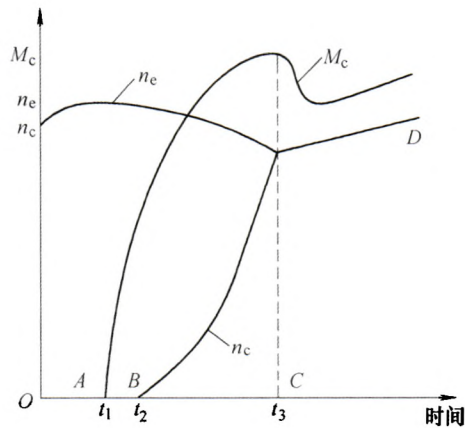


图3 离合器结合过程中的曲线

n_e : 发动机转速 M_c : 摩擦片传递扭矩 n_c : 摩擦片（变速器输入轴）转速

从图3可以看出， $0 \sim t_1$ ，离合器处于分离状态，离合器的动作应快速，减少车辆动力中断时间。 $t_1 \sim t_2$ ，离合器处于滑磨状态，此时离合器的结合动作应慢速，保证发动机转速向变速器输入轴转速平稳性过

渡，增加结合平顺性。 $t_2 \sim t_3$ ，离合器处于最后结合的阶段，此时变速器输入轴转速、发动机转速已经一致，此刻离合器应尽快结合。

在分离离合器时打开气动电磁阀，使电磁阀持续工作，以达到快速分离的目的。在结合离合器的 $0 \sim t_1$ 时间内，气动电磁阀关闭，离合器回位弹簧产生最大的回复力，使离合器结合迅速。 $t_1 \sim t_2$ ，使用占空比为0.4的工作状态，使电磁阀间接性工作，由于气缸的推力小于弹簧的回复力，所以离合器缓慢结合，直至完全结合。通过ECU（电子控制单元）对系统进行逻辑判断，将处理信息转化为电路开关信号，控制气控电磁阀工作，通过电磁阀的通断来选择进气口，从而控制主气缸运动，以达到快速分离的目的。结合过程中，同样ECU发布控制电流信号给液压比例阀，并且结合传感器将动作执行的情况反馈给ECU的数据，ECU再进行逻辑判断。不断地修正数据值，从而达到结合过程中 $0 \sim t_3$ 的结合属性。通过不断进行上述循环，实现离合器自动控制功能。

试验验证

为验证气液一体化的离合器控制系统能否满足需求，把该系统加装在北奔重型载货汽车上进行了试验验证，采用430拉式离合器，车辆总重20t。试验主要结果见附表。从试验结果看出，气液一体化的离合器控制系统满足AMT系统需求。

离合器控制系统试验结果

试验项目	试验结果
离合器分离行程控制精度/mm	1
平稳结合过程中液压电磁阀占空比 (%)	60
离合器完全分离时间/s	0.4
摩擦片转速	平稳上升

结语

由于气控离合器在控制过程中，容易受气体压力、温度以及自身可压缩性大的影响。速度在 $0 \sim 2 \text{m/s}$ 时，起步较慢，过后速度越来越快，直至达到速度顶点。在整车现有的条件下闭环控制非常困难。而气液一体化的设计可以避开气控离合器的缺点，充分发挥液压精控的优势。

关键词：离合器 控制系统 AMT 气液混合
(收稿日期20130801)