

平行轴式直接挂挡机构过冲问题研究

李昕昕, 王东兴, 苟践

陕西法士特齿轮有限责任公司 陕西西安 710119

摘要: 对商用车AMT变速器的挂挡执行机构进行了研究, 特别对平行轴式直接挂挡机构的过冲问题进行了详细研究。为了减弱摘挡时的过冲现象, 提出了一种新的摘挡控制策略, 对其控制流程进行了详细阐述。以某车型为例, 验证摘挡控制策略的可行性。研究表明, 此摘挡控制策略的应用可以明显减弱摘挡过冲现象, 提高换挡舒适性和行车安全性。

关键词: AMT; 平行轴式直接挂挡机构; 过冲问题; 实车验证

AMT (Automatic Mechanical Transmission) 变速器在国内商用车领域已推广应用多年, 目前对AMT挂挡执行机构的研究也越来越细致深入。AMT挂挡执行机构的作用是代替手动变速器操纵机构完成挂挡和摘挡工作。根据执行机构驱动方式的不同, 可以分为气动、电动、液动等形式^[1]。目前市场常见的中重型AMT基本上使用的都是气动执行机构, 轻型AMT有电动和液动等不同形式。

挂挡执行机构的质量对于AMT挂挡性能和品质至关重要。执行机构是一个精密的电控元器件, 包括了电磁阀、传感器、气缸和内部气道等关键部件。部分集成式执行机构还包括PCB板、加速度传感器及集成线路等核心部件。让这些部件紧密配合, 实现快速稳定的挂挡和摘挡功能, 需要执行机构本身硬件和应用层软件的紧密配合才能完成^[2]。

挂挡执行机构

本文只讨论主流的气动挂挡执行机构。国内AMT

产品经过十几年的发展, 已经形成了轻、中、重全扭矩段的覆盖, 也实现了从第一代模块化向第二代集成化的转变。

根据其挂挡形式, 又可以分为XY结构和YY结构^[3], 如图1所示。可以看出, XY结构具有选挡气缸和挂挡气缸, 与手动挡操纵机构类似, 挂挡过程需要先动选挡轴再挂挡, 挂挡过程清晰准确。在很多变速器上得到了应用, 比如国内第一代重型货车AMT, 很多厂家就是采用模块化的XY执行机构, 第二代重型货车AMT虽然采用了先进的集成化布局, 但执行机构依然是XY结构。

YY执行机构, 即平行轴式执行机构^[4], 是近年流行起来的布置形式, 因为AMT不需要完全像手动挡一样先选挡再挂挡, 而是采用几排独立的挂挡轴, 靠位移传感器由应用层软件来判断其他轴是否处于空挡位置, 省略选挡过程, 直接进行挂挡。这样做可以缩短换挡时间, 尽可能地减少动力中断时间。目前一些中轻型AMT上使用的就是YY结构的模块化执行机构。当然, YY结构执行机构也可以做成集成式, 外型与

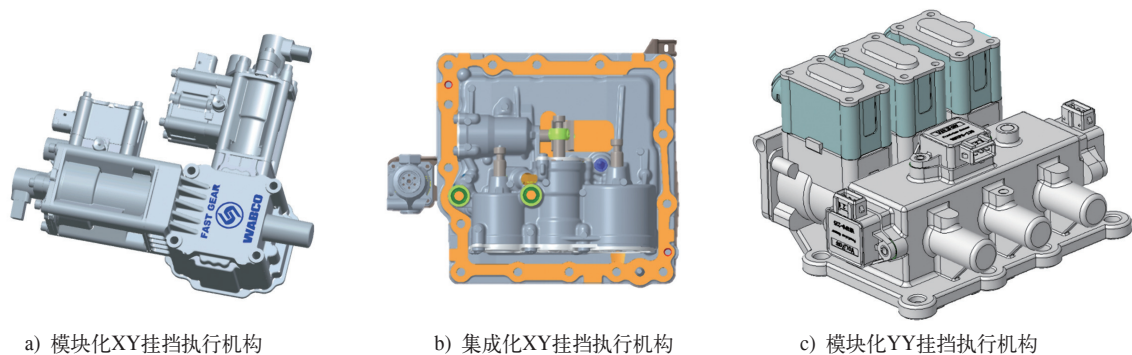


图1 挂挡执行机构示意

XY集成式类似，只是气缸布置形式和内部气路会有所区别。

挂挡执行机构过冲问题研究

挂挡执行机构在回空挡或者换另外一个挡时，一般需要先回到空挡位置，再进行挂挡。在这个过程中，理想情况是每次回空挡时都回到正中间，不要回过了也不要回不到位。实际情况是，经过机械优化和弹簧硬度选配，一般情况下回空挡不到位的情况容易解决和避免，但回过了的情况时有发生，即通常所说的摘挡过冲问题。

过冲现象在XY结构和YY结构上都有可能发生。XY结构因为中间有多个零件，零件间存在间隙，导致拨叉轴的运动惯性小。YY结构运动惯性大，更容易发生过冲现象。正常情况，空挡位置附近有一定范围自有行程，在合理范围（一般是±2mm）内的过冲不用考虑，应用层软件也会把这统一看作是空挡。从实际使用情况来看，XY结构很少发生因为过冲严重引起的换挡品质问题，而YY结构因为过冲发生了几个典型问题。

以中轻型AMT所使用的平行轴式执行机构为例说明过冲带来的换挡品质问题。此执行机构的行程为-12~+12mm，负值说明拨叉轴缩回来，表示一个挡位；正值说明拨叉轴伸出去，表示另外一个挡位；0mm表示空挡位置。定义回空挡时，位移偏差大于3mm即为过冲问题，大于5mm为严重过冲问题。

问题1：回空挡憋熄火问题。驾驶人停车制动时，换挡手柄回空挡，车辆有向前冲的趋势，把发动机憋熄火。造成此问题的原因是换挡手柄发出回空挡命令后，执行机构开始工作，拨叉轴回到了0mm，此时

应用层软件判断变速器已经在空挡，会发出结合离合器的指令，离合器开始结合。但在此时发生了过冲现象，拨叉轴继续向对面运动，造成了变速器实际不在空挡，而是齿轮啮合了一部分的情况。驻车制动时，车辆会憋熄火，不驻车制动时车辆会向前冲，有很大的危险性。

问题2：换挡冲击大问题。摘挡过程中，过冲现象严重时会发生齿轮撞击的声音，主观感受明显，用户体验差。此问题虽然不会导致驾驶安全性问题，但是时常发生会造成不好的驾驶体验，驾驶舒适性明显降低。

挂挡执行机构过冲问题解决方案

为了解决和减少过冲带来的换挡品质问题。机械设计和应用层软件上都需要做优化。机械方面的优化主要包括：

- 1) 挂挡执行机构活塞结构优化，减少摘挡时间，降低过冲概率。
- 2) 增加自锁弹簧刚度，减少过冲概率。
- 3) 空挡自锁槽结构优化，减少过冲概率。

本文着重说明软件方面的优化。软件现有回空挡策略是两个电磁阀同时作用，为了减少过冲现象，将回空挡策略进行优化，先打开对侧电磁阀吹气，起到缓冲作用，再同时打开两个电磁阀，具体控制策略如图2所示。

可以看出，当TCU收到目标挡位变化的信号后，开始进行挡位的判断。策略1即为现有控制策略，只要判断出挡位在+12mm或-12mm左右，需要进行摘挡，则发出同时打开阀1和阀2的指令并执行回空挡操作。策略2为优化后的控制策略，先进行挡位判断，如果挡位在+12mm左右，拨叉轴处于伸出去状态，回空挡时

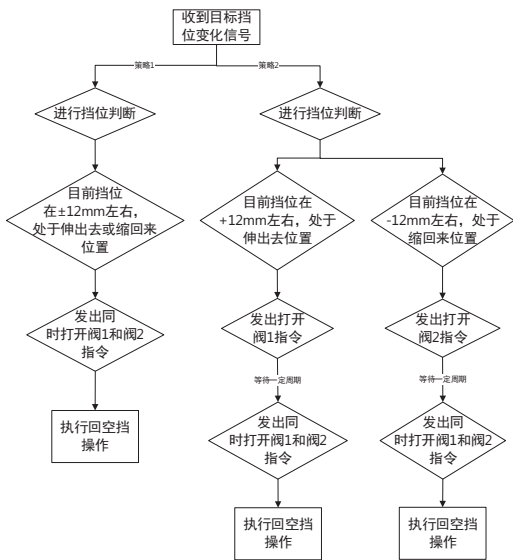


图2 挂挡电磁阀控制策略

则先打开对侧阀1，阀1先打开一段时间后再同时打开阀1和阀2，先打开阀1的时间不宜过长，可以根据实际情况进行标定，否则会导致摘挡时间过长的问题。如果挡位在-12mm左右，判断逻辑类似，只是先打开阀2，等待一段时间再同时打开两个阀。

实车验证

以某车型为例，说明优化摘挡控制策略后的实车应用情况。图3和图4所示为实车测试数据，Bsw_PosnGearActrActRaw12为1/2挡的位移，+12mm左右表示1挡，此时拨叉轴是伸出去的，-12mm左右表示2挡，此时拨叉轴是缩回来的，0mm左右表示空挡，此时拨叉轴在中间位置。PRAC_DucycGearActrVlv1Ctl为阀1的指令，0表示关闭，1表示打开。PRAC_DucycGearActrVlv2Ctl为阀2的指令，0表示关闭，1表示打开。

图3所示为电磁阀控制策略1时的5挡升6挡过程。

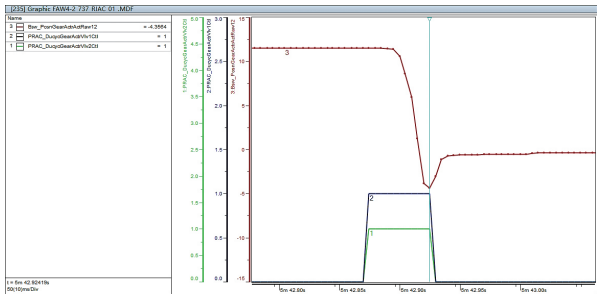


图3 摘挡过冲实车测试数据

对应到8挡AMT上，即为1/2轴进行动作。5挡时，位移约为12mm，摘挡指令发出后，阀1和阀2同时打开，拨叉轴开始向空挡位置运动，正常应该回到0mm左右，但出现了过冲现象，位移最多回到了-4.35mm，造成了明显的换挡冲击。

图4所示为电磁阀控制策略2时的5挡升6挡过程。5挡时，位移约为12mm，摘挡指令发出后，阀1先打开两个周期的时间（10ms），然后同时打开阀1和阀2，拨叉轴开始向空挡位置运动，回到0mm左右，没有出现过冲现象。摘挡过程迅速准确，没有出现摘挡时间过长和摘挡过冲的问题。

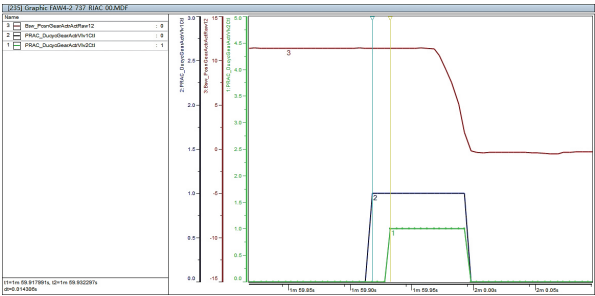


图4 摘挡不过冲实车测试数据

结语

平行轴式直接挂挡执行机构因为其本身特点，很难从根本上完全杜绝摘挡过冲的问题，有必要开发一种新的摘挡控制策略，在摘空挡时先开对侧电磁阀，然后再打开两个电磁阀，给摘挡制造一点缓冲，抵消和减弱摘挡过冲现象。经过实车验证，此策略可以大大降低摘挡过冲发生的概率，提高换挡舒适性，保证行车安全，而且不会造成摘挡困难。摘挡控制策略在某车型的应用，说明此方法有效可行，可以推广应用到其他中轻型AMT车型。

参考文献：

[1] 董荷强.重型车AMT选换挡执行机构系统特性研究[D].吉林大学，2011.

[2] 李小龙.AMT换挡执行机构控制策略及标定研究[D].南京理工大学，2014.

[3] 范珊珊，马渊，孙文军，等.商用车AMT选换挡执行机构设计[J].机械工程与自动化，2021（4）：103-105，107.

[4]陈胜.混合动力大客车直接挂挡式AMT控制系统开发[D].上海交通大学，2008.AUTO1950