

双离合自动变速器换挡力控制优化

□ 上海汽车变速器有限公司/张晔平 唐莹

同步器是双离合自动变速器换挡性能的关键部件，采用同步器不仅可以使换挡轻便、减少冲击与噪声，而且还能使换挡迅速，减轻驾驶员的劳动强度。因此，在DCT自动换挡中，合理控制好同步器的动作是直接影响汽车换挡性能优劣的关键。针对驾驶工况中的静态换挡，本文提出了开环换挡力控制的不足之处，并提出了优化的换挡力控制方法。

开环换挡力控制

根据同步器的结构，开环换挡力控制中整个换挡分为4个阶段（见图1）。第1阶段采用较大的换挡力确保液压系统尽可能快充油。一旦拨叉移动就退出该阶段。第2阶段为同步阶段，采用较小的换挡力，使同步器两端的转速逐步同步，对于静态换挡，输入轴转速会下降至0。一旦同步器两端转速同步就退出该阶段。第3阶段为采用较大的换挡力，使得拨叉移动到挡位位置。当拨叉移动接近挡位位置时就进入第4阶段，采用非常小的换挡力确保拨叉平顺到位。为了保

证换挡时间的要求，当换挡超时，就使用最大的安全换挡力确保挡位啮合。

开环控制的不足

对于开环的换挡力控制，由于液压系统存在滞后现象，每阶段力都采用恒定值且每个变速器换挡阀特性存在差异等不确定因素，会出现静态换挡噪声的问题。

因此，为了减小噪声，在第1阶段减小换挡力，在第2阶段初期换挡力逐步增加到一定值并保持直到同步器两端转速同步，在第3阶段沿用第2阶段结束时的换挡力。该优化策略适当减少了噪声的产

生，但会引起了换挡失败概率提高问题。因此在成功换挡和减小噪声之间很难找到一个平衡点。也就是说采用开环换挡力控制不能很好地控制同步器。

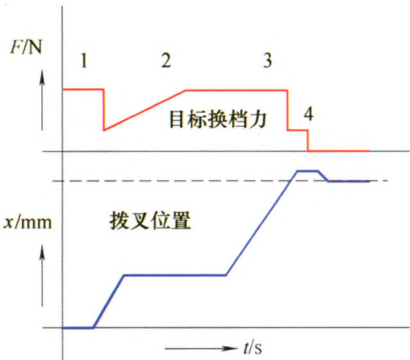


图1 开环换挡力控制示意图

优化换挡力控制

为了克服换挡噪声以及换挡困难的问题，提出了闭环的PI控制+阻尼力控制的优化策略。从图2中可以看到，该策略换挡力分成5个阶段，分别是Move2 Sync、Sync、Move2 End、Push In和Engaged。其中Move2 Sync类似开环控制策略中的第1阶段，Sync类似开环控制策略中的第2阶段，Move2 end和Push In相当于开环控制策略中的第3阶段，Engaged相当于开环控制策略中的第4阶段。

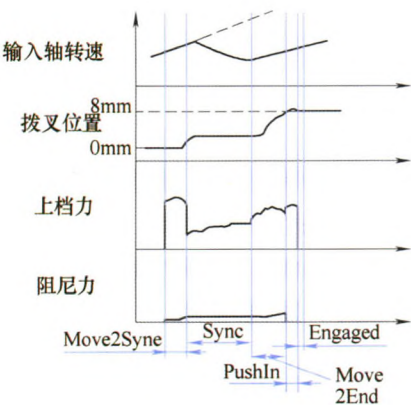


图2 闭环换挡力控制示意图

1. Move2 Sync阶段

在该阶段拨叉带动同步器移动，使得齿套受到力的作用靠近同步环。所以在该阶段拨叉具有一定位移，以控制拨叉移动的速度为目标，采用目标拨叉移动速度与实际拨叉移动速度的差值进行PI调节。为了防止齿套上的齿与同步环上的齿碰撞造成噪声，当齿套越接近同步环时，目标拨叉移动速度减小，同时使用阻尼力来配合换挡力。该换挡力由2部分组成，分别是拨叉位移的前馈和PI调节量。

当齿套推动同步环与换挡齿摩

擦锥面产生接触但是同步器的两端还存在转速差的时候退出该阶段，在控制中定义该点为拨叉从中位移动2mm的位置。

2. Sync阶段

在该阶段由于继续施加压力，故同步环与换挡齿摩擦锥靠摩擦作用实现同步。对于静态换挡而言，相当于降低输入轴转速到0。在该阶段拨叉移动量很小，因此换挡力计算随着同步器两端的转速差变化而变化。该换挡力由3部分组成，分别是转速变化率的补偿值、转速差补偿值的累加值以及拨叉位移变化的前馈。同时为了防止该阶段末期换挡噪声，采用了阻尼力增加缓冲的方式。

当同步器两端的转速差接近一致时退出该阶段。

3. Move2 End阶段

在同步器两端转速差一致之后进入该阶段，收到力的作用，拨叉快速移动，使得齿套与换挡齿上的结合齿逐步结合，接近进挡位置（设定从中位移动7.5mm位置）。因此在该阶段采用拨叉移动速度进行PI调节。为了防止该阶段拨叉移动过快造成金属碰撞产生噪声，目

标拨叉移动速度越接近挡位位置速度越低。同时继续使用阻尼力增加缓冲。该阶段的换挡力由三部分组成，分别是拨叉移动补偿量、PI调节量以及输入轴与发动机之间的转速差的补偿量。根据同步器与档位齿结合所需力的需求，该阶段的换挡力必须保证大于Sync阶段的力。

4. Push In阶段

在该阶段拨叉移动的速度已经很低，因此撤销了阻尼力，但是继续保持一定的换挡力从而使齿套与结合齿完全结合。

5. Engaged阶段

该阶段类似被优化之前的换挡力的第4阶段，保持一个很小的换挡力，确保齿套与结合齿完全结合到位。

结语

优化的换挡力策略能够实时配合同步器的变化情况。在实车上采用优化的换挡力之后，由于添加了阻尼力造成换挡时间有所延长，但能够保证整个换挡时间在要求范围内，换挡噪声和换挡失败的概率下降的优势显而易见。**AME**



张晔平
上海汽车变速器有限公司技术中心高级经理，学历本科，工程师，研究方向为汽车自动变速器。