

优化AMT车辆共振换挡策略的研究

姚逾, 潘建斌, 邓晶哲, 陈星, 李轩

陕西法士特齿轮有限责任公司 陕西西安 710077

摘要: 针对四缸柴油发动机匹配AMT(自动机械式变速器)车型在特定挡位下出现的离合器共振问题,提出了一种优化共振的换挡策略。通过实时监控发动机转速、变速器输入轴和输出轴转速,结合油门开度和车辆负载情况,动态调整换挡时机,有效减少了车辆共振现象,提升了整车的NVH表现。试验结果表明,该策略能够显著降低车辆抖动感,提升驾驶舒适性。

关键词: AMT; 四缸柴油发动机; 离合器共振; 换挡策略; 实车验证; NVH优化

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.05.006

近年来,随着商用车AMT技术的快速发展,匹配6挡、8挡AMT的中轻型商用车数量显著增加,汽车舒适性对轻型商用车也越来越重要^[1]。

轻型商用车的动力配置很多是4.5L排量的四缸柴油发动机与6挡或8挡AMT变速器相匹配,但是这种动力链经常出现离合器共振问题,尤其是在高挡位和大油门重载工况下,共振现象尤为明显。传统的解决方案,如调整离合器刚度或更换离合器品牌,均无法完全解决该问题。

为此,本文提出了一种基于换挡策略的共振优化方法,旨在通过动态调整换挡时机,减少共振对车辆NVH表现的影响。

离合器共振表现

4.5L排量的柴油发动机与AMT变速器匹配时,车辆容易在高挡位区出现明显共振,导致车辆抖动和NVH表现不佳。共振现象主要表现为变速器输入轴转速与发动机转速的差值较大,且输出轴转速在瞬时状态下波动明显。

一般来讲,输入轴转速与发动机转速在同一时刻差值绝对值有50r/min以上,主观感受会有一定的抖动感。转速差越大,则共振或抖动的主观感受越明显,相应的跟随性也就越差。

通过CAN总线获取的发动机转速、变速器输入轴转速和输出轴转速数据,可以准确判断共振的发生及

其严重程度。图1所示为江淮某车型AMT车辆离合器共振表现数据参考图。

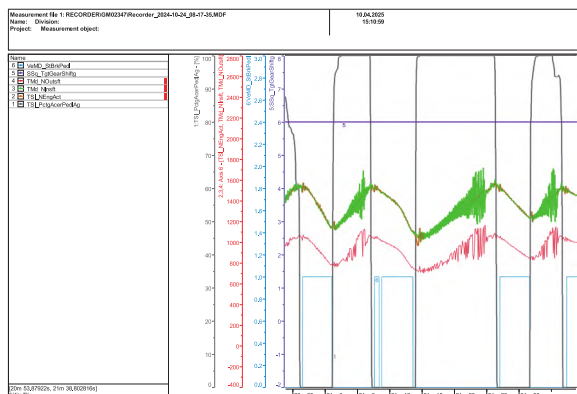


图1 AMT车辆离合器共振表现数据参考

图1中,各曲线信号含义如下: TSl_NEngAct为发动机转速, TMd_NInsft为变速器输入轴转速, TMd_NOutsft为变速器输出轴转速, SSq_TgtGearShiftg为变速器挡位, TSl_PctgAcerPedlAg为油门开度信号, VeMD_StBrkPedl为刹车信号。

从图1可得出,变速器在6挡时,发动机转速在1100~1400r/min,大负载工况下,输入轴转速和输出轴转速均有明显的转速跳变现象,离合器共振表现非常明显,整车抖动感强烈。

优化换挡策略

本文提出的优化策略基于以下步骤:

(1) 共振测试与数据采集 在满载状态下,通过手动模式从起步挡位开始,逐挡测试至最高挡位,测试大油门加速工况,每个挡位的转速测试范围在 $\{N_{\text{怠}}+200, N_{\text{max}}\}$ ($N_{\text{怠}}$ 为发动机怠速时转速; N_{max} 为发动机能达到的最高转速)。通过CAN总线获取发动机转速、变速器输入轴和输出轴转速数据,判断共振发生的挡位及转速区间,并记录各挡位的共振转速范围。

(2) 共振判定 当输入轴转速与发动机转速的差值超过50r/min,且输出轴转速在100ms内波动超过100r/min时,判定车辆进入共振状态。变速器输入轴转速和输出轴转速抖动幅度越大,共振感越明显。

(3) 换挡策略调整 根据测试数据,确定各挡位的共振转速范围。当车辆进入共振转速区间时,通过调整挡位避开共振区域。具体策略如下:

1) 升挡策略: 在升挡前,确保发动机转速高于共振转速上限,避免升挡后进入共振区间。

当需求的换挡转速较高,发动机在当前油门下的转矩不足以克服道路阻力,发动机转速无法达到目标位置,同时发动机NVH表现有轰鸣声,结合上述表现,变速器需要进行升挡,否则车辆将无法提速。为了优先满足车辆的动力性,针对于该工况,在发动机转速爬升到接近上限值时,变速器需要进行升挡操作,该换挡转速也为此工况下的最大升挡转速。即使升挡后发动机转速落在共振转速区间,也是接近共振转速的上沿,加速后可快速脱离共振区间,主观感受相对不明显。

2) 降挡策略: 在减速再加速工况下,减速后车速较低,对应当前挡位的发动机转速较低,车辆动力弱,则让TCU控制离合器执行器和选换挡执行机构,选择合适的挡位和变速器目标转速,该工况的降挡挡位选择是通过车速和油门判断的。

但如果车速降低不多,在挡位不变换的时候,发动机转速刚好落在共振转速区间,则需判断当前油门对应的转速是否适合降挡。

若降挡后当前油门的最大转速高于降挡后转速一定程度,可以保证主观感受较多时间的提速感,则可以优先换挡。如果当前油门开度对应的最大转速低于降挡后的发动机转速或者与降挡后发动机转速相当,则因为会产生循环挡,TCU不会支持降挡操作。

3) 转矩控制: 在共振不可避免的情况下,变速器通过CAN总线向发动机发送转矩限制请求。

发动机转速接近共振转速上限时则让发动机发挥较大动力,尽快脱离共振区间;发动机转速距离共振上限还有一定范围时,则让发动机转矩发挥的稍小一些,通过降低发动机输出转矩来降低共振振幅,让用户在实际驾驶过程尽量降低共振抖动感。

AMT优化共振换挡控制策略如图2所示。

实车验证

以图1所示的江淮某车型为例,车辆满载测试出现明显的离合器共振后,多次更换不同刚度的离合器均未能优化整车抖动情况。基于最终确认的离合器状态,变速器6挡在1100~1400r/min的离合器共振无法消除,通过优化变速器升降挡策略,提高5挡升挡转速,

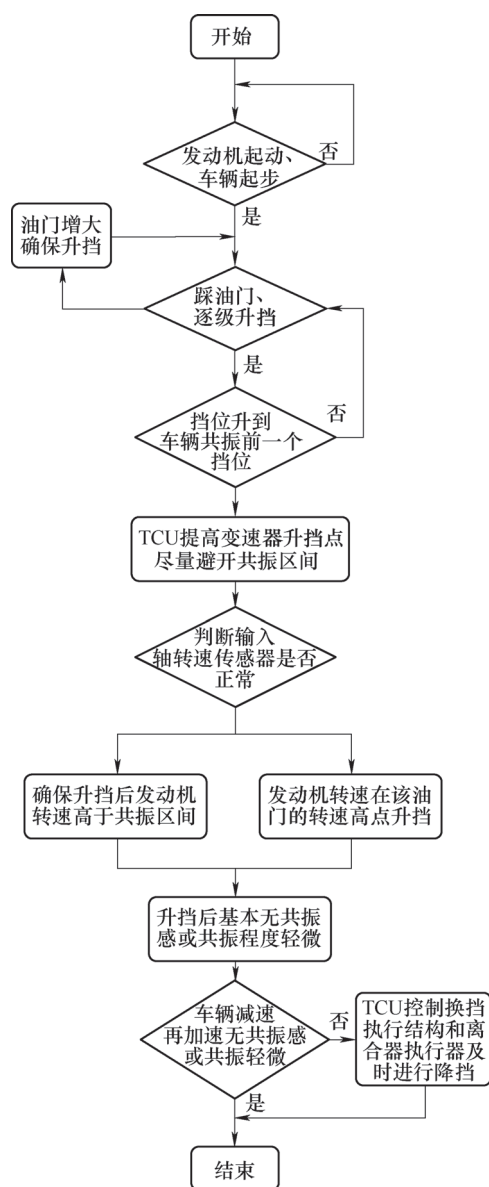


图2 AMT车辆优化共振换挡控制策略原理

满足升挡后的转速接近或高于共振转速上限；减速再加速的工况下，AMT变速器能够通过积极降挡以及在共振转速区间限制发动机输出扭矩，主观上明显改善了车辆共振表现。

图3所示为该车型调整换挡策略后的实车表现，5挡转速在接近2100r/min升挡，升挡至6挡后的输入轴转速约为1350r/min，基本避开了转速共振区间；踩制动踏板制动并踩油门加速，发动机转速较低，踩油门立即触发降挡，保证足够的动力，并避免了离合器共振情况。

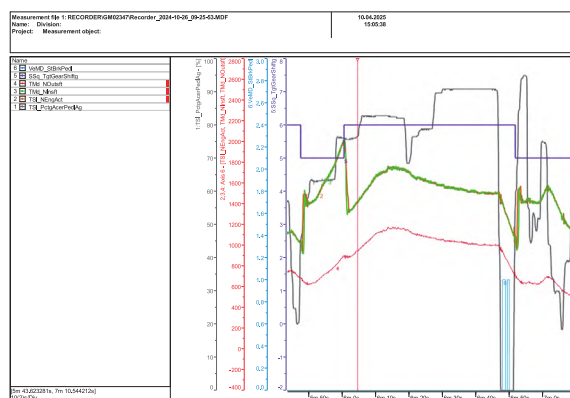


图3 AMT优化换挡策略实车表现

结语

基于技术方案的论证和实车验证结果，研究表明，通过实时监测发动机和变速器的转速数据，并据此动态调整换挡时机，同时辅以变速器限制发动机转矩的策略，能够有效减少离合器共振现象的发生。

试验数据表明，该策略在多个测试工况下均表现出良好的效果，整车NVH性能得到明显优化，驾驶人感知的抖动感大幅降低，整体驾驶舒适性提升。此外，该策略的实施并未对车辆的动力性能和燃油经济性造成负面影响，反而在部分工况下略有提升。这些成果不仅验证了技术方案的有效性和可靠性，还为后续车型匹配4.5L排量四缸柴油发动机与AMT变速器提供了重要的软件优化思路。

参考文献：

- [1] 胡俊生，彭宜爱，钟王，等. 离合器特性对整车共振问题的影响分析[J]. 汽车实用技术，2022，47（9）：92-95. DOI:10.16638/j.cnki.1671-7988.2022.009.020.

AUTO1950

