

大功率机械液压无级变速器 整车标定研究

赵海东, 解思状, 宋乾斌, 岳斌

陕西法士特齿轮有限责任公司 陕西西安 710077

摘要: 通过对装配有大功率机械液压无级变速器的整车进行换挡数据采集及分析, 发现在未标定换挡参数的前提下, 车辆换挡平顺性不好, 整体驾驶体验感较差。因此, 通过在不同油液温度节点下对离合器的预充油高度、KP压力和预充油时间换挡参数进行标定, 对比参数标定前、后离合器升挡和降挡时的变速器输出轴转速波动大小, 发现经过修正不同油液温度节点下的离合器参数, 能够迅速有效地提升换挡的平顺性。

关键词: 机械液压无级变速器; 换挡参数; 标定

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.09.005

变速器是车辆传动系的核心部件, 近年来, 高端智能大功率传动系的应用越来越广泛。其中, 机械液压无级变速器作为大功率传动系的几种主流产品之一, 能够通过机械流和液压流在双行星排处进行功率耦合来实现无级变速, 整体速比调控范围更大、切换更稳定。

但由于此类变速器机械结构设计和软件控制逻辑较为复杂, 在进行机械挡位切换时, 通过机械流和液压流功率耦合所得的实际传动比通常容易与实现无级变速的期望传动比存在较大偏差, 导致换挡时产生一定的冲击。由于无级变速过程中输出轴转速会在短时间内发生剧烈变化, 且上述的传动比偏差也会带来较大的冲击振动, 因此需要制定详细的控制策略并采用合理的标定方法来降低机械挡位换挡时的冲击, 从而

提升整车换挡的平顺性及驾驶体验。

何亚楠等^[1]通过P2C跟随性测试、KP压力测试和充油测试等进行离合器专项标定可以有效地降低换挡冲击。其中, 充油测试过程中, 发动机转速和油液温度^[2, 3]将直接影响离合器结合过程。同时, 在整车标定测试时, 考虑到大功率机械液压无级变速器在初始工作时和重载工作一段时间后, 油液温度会发生较大变化, 对换挡平顺性也有较大的影响, 即单一参数控制可能导致离合器过充或欠充现象^[4], 故还需要对离合器预控制阶段充油时间和压力进行精准控制^[5]。因此, 本文将通过对离合器预充油温度、KP压力和预充油时间等换挡参数在不同油液温度节点下进行标定, 来提升整车换挡的平顺性。

换挡数据采集

通过整车OBD线束,使上位机中的ATI标定软件与整车TCU通信,采集整车未标定前的换挡数据,后续将通过对比变速器输出轴转速的波动大小作为评价换挡平顺性的考核指标。整车所采集的数据主要包括:换挡控制时序、静液压单元控制曲线、各机械挡位压力曲线和各转速传感器转速曲线。

换挡控制时序如图1所示。换挡时序LV1为整体换挡进程,描述挡位切换的顺序,而换挡时序LV2为细节补充,描述离合器充油过程和放油过程。

静液压单元控制曲线如图2所示,由静压单元请

求速比1、静压单元请求速比2、静压单元实际速比、静压单元速比变化率1、静压单元速比变化率2、主箱请求速比、主箱实际速比和主箱速比变化率几部分组成。整车电控系统会根据驾驶人意图,不断地调整静液压单元和主箱的速比以及速比的变化率,以此来协调各机械挡位的换挡时机。

车辆各挡位压力曲线如图3所示,所在工况经过3次挡位切换,即1挡—2挡—1挡—H挡。

车辆各转速传感器转速曲线如图4所示,由输入轴转速、太阳轮转速、齿圈转速、行星架转速和输出轴转速几部分组成。整车通过设定车速的不断变化,当



图1 换挡控制时序

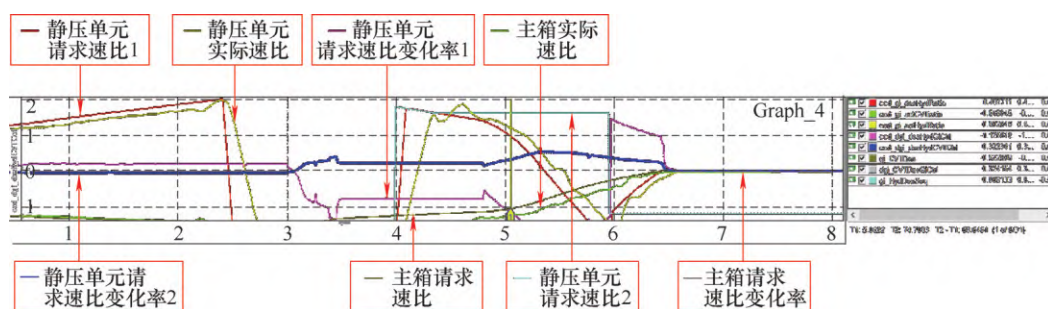


图2 静液压单元控制曲线

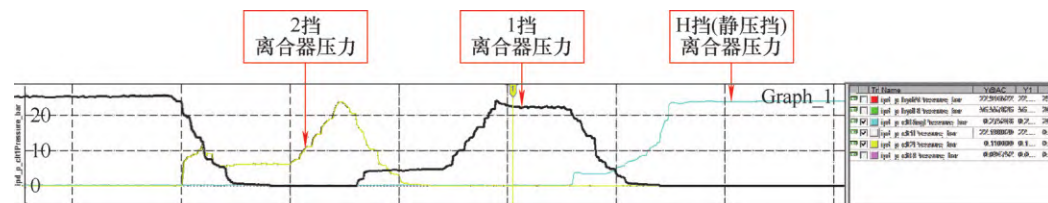


图3 车辆各离合器压力曲线

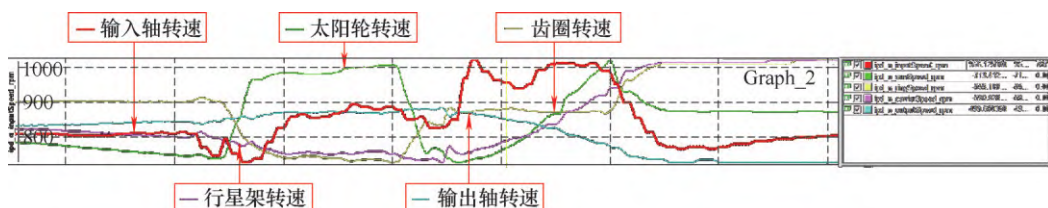


图4 车辆各转速传感器转速曲线

速比达到挡位切换时机时自动进行机械挡位换挡。从转速曲线中可以看出,在机械挡位切换过程中,输出轴转速波动较大,致使整车换挡时的平顺性不好。

换挡参数标定

大功率机械液压无级变速器中的离合器为湿式离合器,通过充油控制逻辑可以实现离合器的闭合与打开。离合器充油控制曲线如图5所示,其中,1段表示离合器预充油高度,2段表示离合器KP压力,3段表示预充油时间,4段表示离合器充油准备总时间。通过对H挡离合器(齿圈离合器)、1挡离合器和2挡离合器,分别在5个温度节点下进行离合器预充油高度、KP压力和预充油时间进行标定,最后将离合器预充油高度、KP压力、预充油时间标定参数以及油液温度都存储在EEPROM的标定部分。

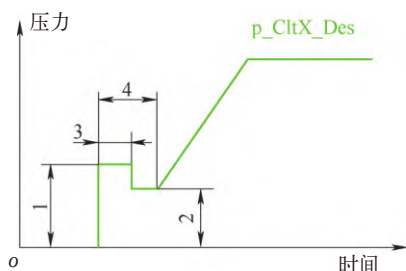


图5 离合器充油控制曲线

通过对离合器换挡参数多次标定,得出各参数随油液温度变化的数据曲线。其中,离合器预充油高度随油液温度变化曲线如图6所示。由图可见,各离合器在不同温度下的预充油高度有所不同,数值随着油液温度的升高而降低,在80℃时,预充油高度为0bar (1bar=10⁵Pa)。

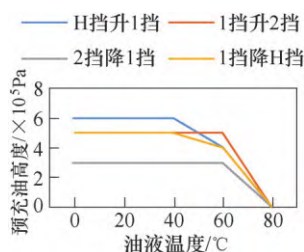


图6 预充油高度随油液温度变化曲线

离合器KP压力随油液温度变化曲线如图7所示。由图可见,各离合器在不同温度下的KP压力有所不同,但整体趋势变化不大。

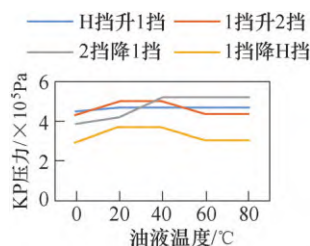


图7 KP压力随油液温度变化曲线

离合器预充油时间随油液温度变化曲线如图8所示。由图可见,各离合器在不同温度下的预充油时间有所不同,数值随着油液温度的升高而降低,在80℃时,预充油时间为0s。同时,上述参数在其他温度点下的数值可以通过线性插值计算得到。

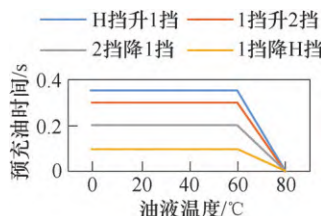


图8 预充油时间随油液温度变化曲线

结果与分析

本文通过对比整车标定前、后的换挡数据,并结合变速器的输出轴转速波动大小来进行换挡平顺性的评价。

对比分析H挡和1挡之间的升挡和降挡数据(见图9a),发现换挡参数未标定前的H挡升1挡时输出轴转速波动较为明显。标定换挡参数后,发现输出轴转速波动较小,有明显改善(见图9b)。

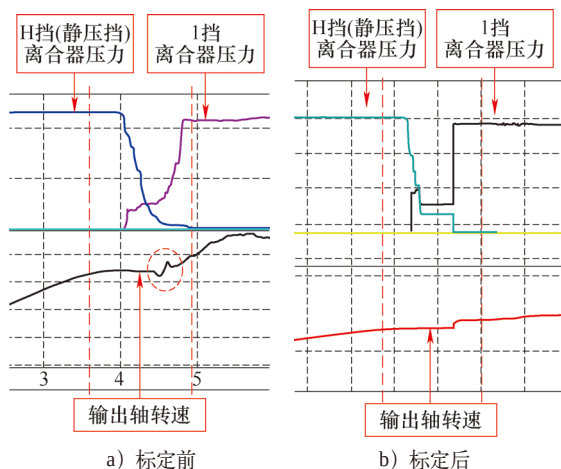


图9 H挡升1挡标定前后输出轴转速波动曲线

同时,换挡参数未标定前的1挡降H挡时输出轴转速有波动(见图10a),如图11所示。标定换挡参数后,如图12所示,输出轴转速波动较小,平顺性有改善(见图10b)。

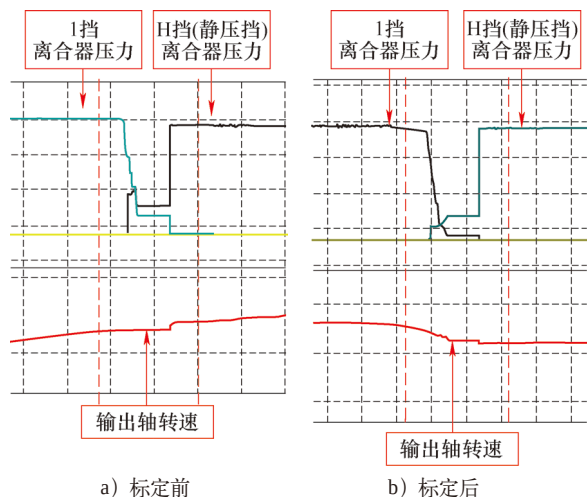


图10 1挡降H挡换挡参数标定前后输出轴转速波动曲线

对比分析1挡和2挡之间的升挡和降挡数据。换挡参数未标定前的1挡升2挡时输出轴转速有波动,如图11a所示,而标定换挡参数后,输出轴转速波动较小,如图11b所示,平顺性有改善。

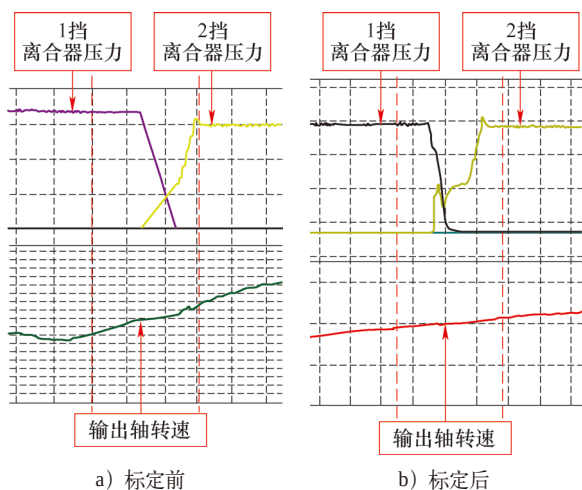


图11 1挡升2挡换挡参数标定前后输出轴转速波动曲线

同样,换挡参数未标定前的2挡降1挡时输出轴转速有波动(见图12a),而标定换挡参数后,输出轴转速波动较小,平顺性有改善(见图12b)。

结语

本文通过反复标定大功率机械液压无级变速离合

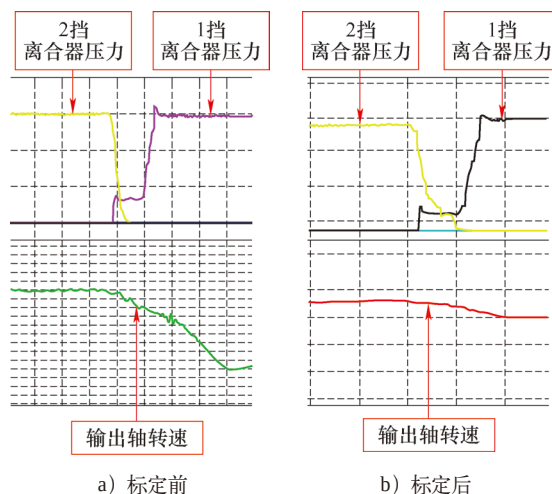


图12 2挡降1挡换挡参数标定前后输出轴转速波动曲线

器的预充油高度、预充油时间和KP点压力换挡参数来改善换挡的平顺性。结果表明,在标定换挡参数后,整车换挡冲击明显降低,驾驶体验显著提高,后续还会不断优化控制软件功能并标定其他相关参数,以进一步满足整车控制需求,不断提升整车换挡平顺性。

参考文献:

- [1] 何亚楠,郝海洋,冯浩成,等. AT混动变速箱台架标定研究. 重型汽车, 2022 (4): 16-17.
- [2] 李春芾,席军强,刘春颖. 多片湿式离合器快充油过程影响因素分析与控制. 中国机械工程, 2019, 30 (5): 513-518.
- [3] 关万俊,马彪,陈漫,等. 油液温度对湿式离合器充油特性的影响研究. 液压与气动, 2015 (2): 17-19.
- [4] 孙晓鹏,王国栋,刘中秀,等. 基于机械液压无级变速器湿式离合器欠充油智能识别及修正方法研究. 内燃机与配件, 2023 (10): 53-55.
- [5] 王永,王建华,付田志,等. 一种拖拉机湿式离合器预控制及离合器自动标定策略研究. 拖拉机与农用运输车. 2023, 50 (6): 23-28. **AUTO1950**