

某轻卡挂挡分析及其优化

崔志勇^{1,2}, 马东岭^{1,2}, 贾涛^{1,2}, 姜彩彤^{1,2}

1. 内燃机可靠性国家重点实验室, 山东 潍坊 261061; 2. 潍柴动力股份有限公司, 山东 潍坊 261061

摘要:为解决某轻卡离合器挂挡困难问题,对离合器操纵机构、变速箱一轴与从动盘花键的配合间隙、从动盘转动惯量、变速箱阻尼力矩、一轴与飞轮轴承的同轴度、离合器结构和摩擦片性能等因素进行排查,制定改进措施并进行路试验证。分析表明,变速箱一轴与从动盘花键配合间隙过小、从动盘转动惯量过大、一轴和花键之间积聚的碎屑是造成挂挡困难的主要原因。试验结果表明,采用增大从动盘花键齿槽宽、减小从动盘外径尺寸、开发自防护从动盘等措施,可有效解决挂挡困难问题。

关键词:离合器;挂挡困难;转动惯量;配合间隙

中图分类号:TK428

文献标志码:A

文章编号:1673-6397(2023)01-0085-04

引用格式:崔志勇,马东岭,贾涛,等.某轻卡挂挡分析及其优化[J].内燃机与动力装置,2023,40(1):85-88.

CUI Zhiyong, MA Dongling, JIA Tao, et al. Analysis of a light truck engaging and its optimization[J].

Internal Combustion Engine & Powerplant, 2023,40(1):85-88.

0 引言

随着汽车行业的快速发展,用户对商用车舒适性需求不断提高,挂挡顺畅是评价驾驶舒适性的一个重要指标^[1]。挂挡困难影响司机的驾乘感受,降低客户满意度^[2-3]。车辆长时间挂挡困难,会加速从动盘摩擦片磨损,减少离合器寿命,增加发动机飞轮及相关轴承的故障率^[4]。

某轻卡起步时,起动发动机,踩下离合器踏板,拨动选挡杆,无法挂入一档、二档挡位,倒挡存在打齿现象,且有明显反弹力,其他挡位工作正常;拆下传动轴后,起动车辆,踩下离合踏板后,变速箱输出轴一直转动,无停止迹象,表明离合器并未分离。此车型装配2种不同厂家生产的变速箱,分别为六挡箱和八挡箱,挂挡困难车辆装配的变速箱均为六挡箱。

1 故障排查分析

1.1 离合器操纵机构

离合器操纵机构控制离合器与变速箱的结合和分离,完成变速箱换挡、挂挡操作,并提供离合器所需的分离轴承行程,是汽车行驶系统重要组成部分,包括离合器总泵、分泵、踏板、分离杠杆等^[5-7]。离合器操纵机构匹配不当,无法满足离合器所需的分离轴承行程,会造成离合器分离不彻底,出现挂挡困难^[8-9]。

车辆出现挂挡困难时,需检查分离轴承行程是否满足规范要求。离合器不同,对应的分离轴承行程不同。测量6台挂挡困难车辆的分离轴承行程分别为10.5、10.6、10.3、10.5、10.7、10.6 mm,6台车辆分离轴承行程均大于10 mm,满足该规格离合器对操纵机构完全分离时分离轴承行程为10~14 mm的设计要求。为进一步验证分离轴承行程的影响,破坏离合踏板限位,分离轴承行程增大为12.5 mm,仍存在挂

收稿日期:2022-05-02

基金项目:国家重点研发计划项目(2021YFD2000302)

第一作者简介:崔志勇(1988—),男,山东潍坊人,工程师,主要研究方向为车辆传动系统,E-mail:cuizy@weichai.com。

挡困难,表明离合器操纵机构不是车辆挂挡困难的原因。

1.2 一轴和花键配合间隙

分别测量六挡箱和八挡箱的一轴齿宽、从动盘花键齿槽宽,测量10组,取平均值,得到六挡箱及八挡箱一轴齿轮与从动盘花键齿槽配合间隙,如表1所示。

由表1可知:六挡箱配合间隙小于八挡箱。分析六挡箱车辆挂挡困难,可能是由于一轴齿轮与从动盘花键齿槽配合间隙过小造成^[10]。

1.3 从动盘转动惯量和变速箱阻尼力矩

对从动盘外径分别为350、325 mm的离合器转动惯量进行模拟计算,结果表明:外径为350 mm的离合器从动盘转动惯量比325 mm增加了33%,为 $0.009 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ 。挂挡困难车辆主要采用外径为350 mm的离合器,分析认为从动盘的转动惯量影响车辆挂挡。变速箱阻尼力矩主要包括变速箱内部轴承和密封零部件之间的摩擦力矩、齿轮油的阻滞力矩,八挡箱比六挡箱内部阻尼力矩更大,变速箱阻尼力矩影响车辆挂挡操作。主要原因是:从动盘转动惯量减小,变速箱阻尼力矩增大,踩下离合踏板后,从动盘从高速旋转到完全静止所需时间减小,换挡等待时间缩短,驾驶员的体验感较好^[11];从动盘转动惯量增大,变速箱阻尼力矩减小,从动盘转动更加稳定^[12],从高速旋转到完全静止所需的时间增长,换挡等待时间延长,不利于挂挡操作。

1.4 一轴与飞轮轴承的同轴度

离合器从动盘与一轴是花键配合,二者分离时,从动盘应与飞轮彻底分开。若一轴与飞轮轴承的同轴度过大,从动盘与飞轮倾斜越大,从动盘在一轴的滑动易卡滞,不利于从动盘自由移动。调整变速箱一轴与从动盘的夹角,模拟一轴与飞轮轴承的同轴度变化,进行台架试验。试验时,环境温度分别为25、200℃时,一轴与从动盘的夹角设定为 0° 、 0.15° 、 0.30° ,不同环境温度、夹角下,离合器完全分离所需的最小分离行程如表2所示。

表2 不同环境温度、夹角下离合器最小分离行程

序号	环境温度/℃	夹角/(°)	最小分离行程/mm	序号	环境温度/℃	夹角/(°)	最小分离行程/mm
1	200	0	9.5	4	25	0.15	9.8
2	25	0	9.0	5	200	0.30	13.0
3	200	0.15	10.0	6	25	0.30	12.5

由表2可知:变速箱一轴与从动盘花键夹角越大,离合器所需的最小分离行程越大;当环境温度为200℃、变速箱一轴与从动盘花键夹角为 0.15° 时,离合器所需的最小分离行程为10.0 mm。由于一轴与从动盘花键夹角越大,对应一轴与飞轮轴承的同轴度增大,模拟计算一轴与从动盘夹角为 0.15° 时一轴和飞轮轴承的同轴度为0.56 mm。测量故障车同轴度均低于0.4 mm,且分离行程均大于10 mm,满足设计要求,表明一轴与飞轮轴承的同轴度不是造成车辆挂挡困难的原因。

1.5 离合器自身结构和摩擦片性能

将故障车从动盘拆下,清理干净变速箱一轴与从动盘花键之间的碎屑,去除附着在摩擦片表面的磨损碎屑后,重新将从动盘装到故障车上,故障消失,车辆运行3000 km后故障再次出现,积聚在花键内部的碎屑和吸附在摩擦片表面的磨损碎屑影响离合器正常分离。主要原因是离合器从动盘在结合过程中,与飞轮、压盘面发生滑磨,一部分磨损碎屑吸附在摩擦片表面,另一部分掉落到一轴表面,随着一轴转动及从动盘滑动,碎屑进入花键与一轴配合槽内,积聚的碎屑增多,花键和一轴的配合间隙减小;当踩下离合踏板时,从动盘在一轴上无法滑动,与飞轮不能彻底分离,出现挂挡困难;同时吸附在摩擦片和飞轮表面磨损的碎屑,在高温下容易出现粘连,踩下离合踏板后,从动盘与飞轮无法正常分离,出现挂挡困难^[13]。

2 优化措施及验证

2.1 增大一轴与花键配合间隙

六挡箱一轴齿宽保持不变,六挡箱花键齿槽宽由 5.96 mm 增加为 6.00 mm,二者的配合间隙由 0.24 mm 增加为 0.28 mm,将改进后的从动盘装配到挂挡困难的车辆上试车,故障排除,运行 10 万 km 后,未再出现挂挡困难。

2.2 减小从动盘惯量或增大变速箱阻力矩

将从动盘外径由 350 mm 缩小到 335 mm,模拟计算从动盘转动惯量降低了 17%,为 $0.006 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$,且满足可靠性要求。将改进后的从动盘装配在挂挡困难的车辆上,故障排除,车辆运行 10 万 km 后,故障未再出现。

调整变速箱内部轴承和齿轮难度较大,因此通过增加齿轮油黏度等级,增大变速箱的阻尼力矩^[14],将齿轮油型号由 85W/90 更换为 85W/140,车辆挂挡困难得到缓解,但无法彻底解决。

2.3 自防护从动盘

改进从动盘盘毂结构,增加从动盘自防护功能。保持内侧花键的长度不变,增加花键轮毂的整体长度,自防护从动盘结构如图 1 所示,磨损的碎屑掉落飞轮壳内腔中,一轴和花键之间的碎屑大量减少。将新开发的自防护从动盘装到车辆上试车,故障排除,车辆运行 10 万 km 后,故障未再出现。

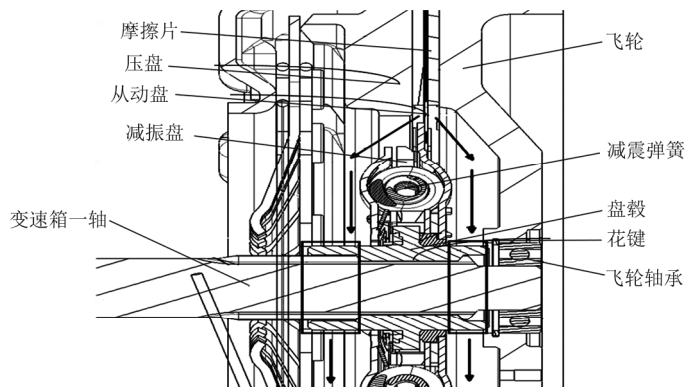


图 1 自防护从动盘

2.4 摩擦片结构优化

在摩擦片上增加容屑槽,储存和排出磨损碎屑,防止碎屑吸附在摩擦片表面直接与飞轮接触,优化前、后摩擦片结构如图 2 所示。将增加容屑槽的从动盘装配在挂挡困难的车辆上试车,故障排除,但车辆运行 5000 km 后,故障再次出现。摩擦片表面增加容屑槽可以缓解挂挡困难,但无法彻底解决故障。

2.5 路试

增大六挡箱花键齿槽宽、采用外径为 335 mm 的从动盘、带自防护功能的离合器装配在车辆上试车,故障排除,车辆运行 10 万 km 后,故障未复现。

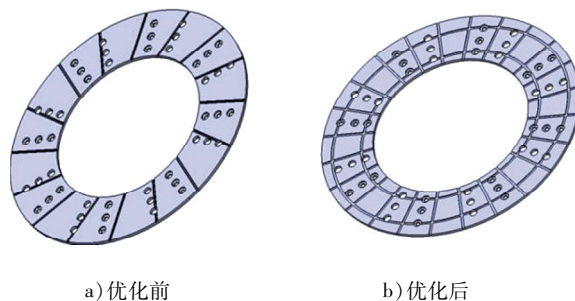


图 2 优化前、后摩擦片结构

3 结论

- 1) 一轴和花键配合间隙过小、从动盘转动惯量过大、一轴和花键之间积聚的碎屑是导致车辆挂挡困

难的主要原因。

2) 增加从动盘花键齿槽宽、减小从动盘外径、开发自防护从动盘,可有效解决挂挡困难问题。

3) 从动盘转动惯量越小,离合器分离越快,但转动惯量不能无限减小;针对不同配置的变速箱,转动惯量的量化还需进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 吴江,赵培生,黄东东. 某中型卡车型换挡困难分析及改进[J]. 汽车实用技术,2018,43(17):139-142.
- [2] 崔芹芹. 关于汽车离合器分离不彻底故障的思考[J]. 时代汽车,2021(14):136-137.
- [3] 张立国,李阳,王磊,等. 中重型商用车离合器常见故障原因分析及诊断[J]. 汽车实用技术,2021,46(10):147-148.
- [4] 刘保增,包耿,邵谱. 离合器匹配设计[J]. 专用汽车,2020(1):74-78.
- [5] 李元胜. 浅谈手动变速器的常见故障及排除方法[J]. 内燃机与配件,2017(24):95-96.
- [6] 刘浩,柴丽丽. 手动挡汽车换挡困难的原因及排除方法[J]. 科技创新与应用,2015(16):131.
- [7] 林华山. 某型号轻型客车挂挡困难原因分析与改进[J]. 汽车实用技术,2020,45(9):84-87.
- [8] 王力斌. 汽车离合器故障分析[J]. 科学创新与生产力,2021(8):95-98.
- [9] 胡长平. 汽车使用过程中变速器及其它常见问题分析[J]. 汽车维修,2020(4):40-41.
- [10] 彭国民,汤天宝,胡军峰,等. 变速器齿轮修形优化及评估[J]. 内燃机与动力装置,2021,38(6):66-70.
- [11] 温亚芹. 转动惯量在汽车制造中的应用[J]. 传播力研究,2018,2(34):241-242.
- [12] 张永华. 车辆起步换挡困难问题研究[J]. 汽车实用技术,2021,46(13):112-114.
- [13] 张艳,徐顺,李青章,等. 浅析商用车换挡性能的影响因素[J]. 汽车实用技术,2017(8):178-180.
- [14] 刘强. 齿轮油对重卡变速器高低挡切换性能的影响[J]. 机械管理开发,2020,35(12):54-55.

Analysis of a light truck engaging and its optimization

CUI Zhiyong^{1, 2}, MA Dongling^{1, 2}, JIA Tao^{1, 2}, JIANG Caitong^{1, 2}

1. State Key Laboratory of Engine Reliability, Weifang 261061, China; 2. Weichai Power Co., Ltd., Weifang 261061, China

Abstract: In order to solve the engaging problem of a light truck clutch, the clutch control mechanism, the fit clearance between the first shaft of the gearbox and the spline of the driven plate, the rotational inertia of the driven plate, the damping moment of the gearbox, the coaxiality of the first shaft and the flywheel bearing, the structure of the clutch itself and the performance of the friction plate are investigated, and the improvements are performed and tested on the road. It is found that the main reasons for the difficulty in gear shifting are too small fit clearance between the first shaft of the gearbox and the spline of the driven plate, too large rotating inertia of the driven plate, and the debris accumulated between the first shaft and the spline. It has been verified by the test that improvements such as increasing the width of the spline tooth slot of the driven disk, reducing the outer diameter of the driven disk, and developing the self-protection driven disk can effectively solve the problem of engaging difficulty.

Keywords: clutch; engaging difficulty; rotational inertia; fit clearance

(责任编辑:臧发业)