

文章编号:1672-3961(2009)05-0079-05

重型汽车 AMT 电控气动坡起辅助控制

王洪亮,赵熙俊,刘海鸥

(北京理工大学机械与车辆工程学院,北京 100081)

摘要:以北方奔驰 2627 型重型自卸车为样车,设计机械自动变速器(automatic mechanical transmission, AMT)坡道起步辅助控制系统,系统根据样车制动系统特点对驻车制动系统进行电气改造,实现车辆驻车制动的自动化控制.分析车辆坡道起步过程中车辆的受力变化,并在此基础上结合离合器结合过程中不同阶段的工作特点,设计车辆坡道起步控制策略和控制软件,实现车辆坡道起步过程中驻车制动与油门踏板和离合器的协调控制.通过实车实验,验证了控制策略对解决 AMT 车辆在坡道起步过程中由于整车控制不协调造成的溜车及发动机憋熄火等问题的有效性.

关键词:重型汽车;机械自动变速器;坡道起步;辅助控制

中图分类号:U463.212 **文献标志码:**A

The electronic-pneumatic hill-starting assist control for heavy-duty vehicles with AMT

WANG Hong-liang, ZHAO Xi-jun, LIU Hai-ou

(School of Mechanical and Vehicular Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on the North-Benz 2627 heavy-duty self-discharging car, the hill-start assist control system was designed. The system reconstructed the parking break system on the characteristics of the parking break system, so the parking break system could be controlled automatically. The mechanical change of the vehicle which started on a hill was analyzed. The hill-start control strategy and software were designed based on the mechanical change of the vehicle and the characteristics of the clutch working process. The accelerative pedal and the clutch were controlled with the parking system as a whole. The control strategy's effectiveness to solve the problems that the engine stopped burning and that the car drove back down the hill for the reasons of the improper control between the hill-start courses was validated through the actual test.

Key words: heavy-duty vehicles; AMT; hill-start; assist control

0 引言

车辆行驶过程中经常遇到的坡道起步过程对驾驶员操纵车辆的熟练程度要求较高,装备传统手动机械变速器的车辆在坡道起步过程中,需要驾驶员协调控制离合器、油门踏板及驻车制动系统,防止车辆在坡道起步过程中出现溜车或发动机熄火等意外情况. AMT 在原机械变速器的基础之上加装了自动

变速操纵系统,包括离合器的自动操纵和选换档机构的自动操纵,在车辆行驶过程中,驾驶员只需要通过油门踏板、制动踏板和换档手柄来干预车辆的行驶^[1-4]. 对于未装用坡道起步辅助控制系统的 AMT 重型车辆,通过驾驶员控制驻车制动配合 AMT 操纵离合器进行车辆坡道起步时,由于驾驶员无法准确控制离合器的结合位置,实现系统的协调控制时存在较大的困难,容易导致意外情况的发生^[5]. 针对重型车辆多采用气压驻车制动控制系统的特点,通

收稿日期:2008-11-27

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2006AA110115)

作者简介:王洪亮(1984-),男,河北衡水人,博士生,研究方向为车辆自动变速器. E-mail:whl343@bit.edu.cn

通过对驻车制动系统的电气改造,就可以实现 AMT 对驻车制动的自动化控制,通过驻车制动与离合器、油门踏板的一体化控制实现理想的车辆坡道起步控制效果. 以北方奔驰 2627 型重型自卸车为试验样车,在对原车驻车制动系统的电气改造的基础之上,结合车辆坡道起步过程的理论分析及试验,提出整体控制策略,取得理想的控制效果.

1 系统结构设计

样车采用的双回路制动的主制动系统和弹簧储能放气制动的驻车制动,是目前重型车辆普遍采用的制动典型结构系统,汽车中,后桥的制动器兼做驻车制动器,通过气压控制系统操纵. 储能弹簧制动气室与行车制动气室做成一体,汽车在行驶中,储能弹簧制动气室内充满压缩空气,将弹簧压缩,制动器处于不制动状态. 汽车停车后,通过操作手控驻车制动阀,使压缩空气通过手控驻车制动阀作用于驻车继动阀,使储能弹簧制动气室内的压缩空气从继动阀排出,弹簧伸长,将制动器制动.

解除制动时,通过手控驻车制动阀使储气筒内压缩空气作用于驻车继动阀,驻车继动阀将储能弹簧制动气室与大气隔断,与储气筒连通,压缩空气进入制动气室内,压缩储能弹簧,将制动解除,原车驻车制动系统气路如图 1 所示.

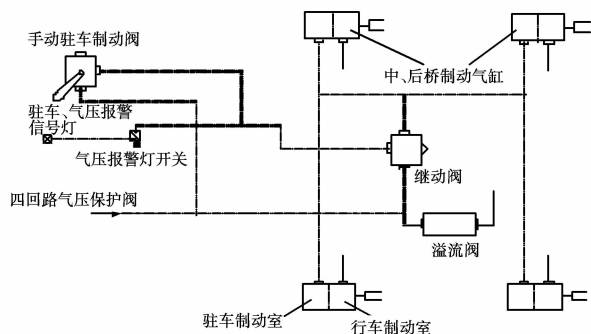


图 1 驻车制动气路

Fig. 1 Pneumatic structures of the parking break system

在不改变原车驻车制动系统工作原理的基础之上对驻车制动系统进行电气改造,实现自动化控制,改装后驻车制动系统的气路如图 2 所示.

改装后的系统在手控制动阀与驻车继动阀之间加装一个两位三通阀,两位三通阀的第 3 通道直通大气. 断电状态下,两位三通阀能够保证驻车制动控制气路的畅通. 停车时,驾驶员能够通过操纵手控驻车制动阀,使压缩空气通过手控驻车制动阀作用于驻车继动阀的气路开通,驾驶员能够通过操纵

手控驻车制动阀按正常操作实现车辆驻车制动,保证车辆的驻车功能不受影响.

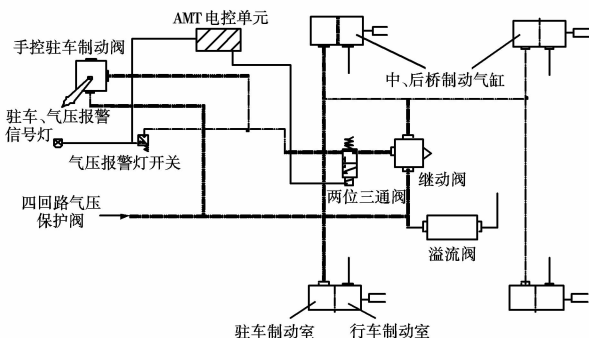


图 2 改装后驻车制动气路

Fig. 2 Reconstructive parking break system

解除驻车制动时,两位三通阀处于断电状态时,驾驶员能够通过手控驻车制动阀顺利控制驻车继动阀,完成驻车制动气室的充气,与原始机构的操纵步骤相同. 如在坡道起步过程中,AMT 系统开启两位三通阀,则驾驶员打开手控制动阀时,储气筒内的压缩气体通过手控制动阀到达两位三通阀后,气路被阻断,压缩气体无法正常进入继动阀,而驻车继动阀的控制气路此时通过两位三通阀连通大气,驻车制动气室无法充气,驻车制动不能放开. 当 AMT 系统判断到合适的驻车制动放开时机时,控制两位三通阀断电,驻车制动控制气路被接通,压缩气体进入驻车制动继动阀,驻车制动继动阀打开,实现驻车制动气室的充气,驻车制动被放开. 同时 AMT 系统通过驻车制动气压开关实现对车辆驻车制动状态的监测,实现坡道起步时驻车制动的准确控制.

2 车辆坡道起步过程受力分析

熟练驾驶员操纵传统机械变速器车辆在坡道起步时,首先挂上起步档,然后左脚缓慢抬起离合器,右脚加油门,当感觉发动机负载增加即车辆有上坡运动的趋势时,松开驻车制动,再慢抬离合器,缓加油(根据坡度的不同,驾驶员会调整油门的大小及离合器踏板的抬起速度),实现车辆在坡道上的平稳起步.

假定车辆行驶路面良好,不考虑车轮滑转,路面变形、风阻等因素,根据熟练驾驶员坡道起步过程,分析车辆在起步过程中受到驻车阻力、坡道阻力、摩擦阻力和加速阻力等的作用. 车辆坡道起步过程中受力分析如图 3 所示.

M_f ——滚动阻力矩($N \cdot m$), M_g ——驻车阻力矩($N \cdot m$), M_t ——驱动力矩($N \cdot m$), F_t ——驱动力(N), α ——坡度角度($^\circ$), G_1 ——车轮质量及车体作用在

车轮中心上的垂直作用力(N), F_n ——地面法向作用力(N), F_j ——车体作用在车轮上的加速阻力(N), F_g ——驻车阻力(N), F_i ——坡道阻力(N), F_f ——滚动阻力(N), F_j ——加速阻力(N), F_t ——驱动力(N), G_2 ——作用于汽车上的重力, $G_2 = mg$, m 为汽车质量(kg), g 为重力加速度(m/s^2).

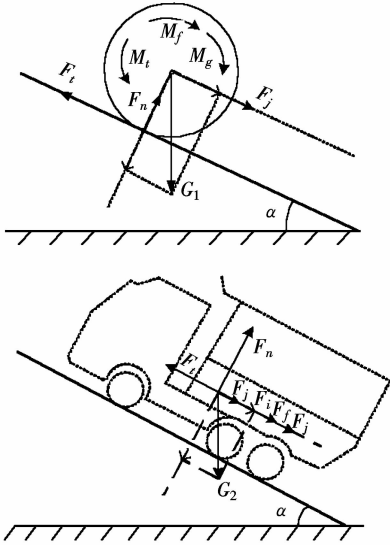


图3 车轮及整车坡道受力分析

Fig.3 Analysis of the force on the wheel and the vehicle

根据汽车行驶方程式^[6]和上图所示的车辆坡道受力分析^[6],得到坡道起步过程中的车辆起步方程式:

$$F_t = F_w + F_i + F_j + F_g, \quad (1)$$

式中, F_t 为地面作用于车辆的驱动力(N), F_w 为车辆所受的风阻力(N), 车辆起步过程中 $F_w \approx 0$, F_f 为车辆所受的滚动阻力(N), F_i 为车辆所受的坡度阻力(N), F_g 为车辆所受的驻车阻力(N), F_j 为车辆的加速阻力(N), 车辆起步过程中,式1中各个分力变化趋势如图4所示.

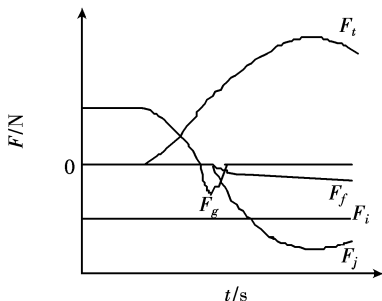


图4 坡道起步作用力变化曲线

Fig.4 Trend of the alternative forces on the vehicle

由图4中可以看出,车辆在坡道起步过程中,随着车辆驱动力的增长,驻车制动力逐渐减小到0后

再反向增长,然后再随着驻车制动气室内压力增加逐渐减小. 车辆坡道起步过程中,如果在驻车制动力减小到0前,驻车制动气室就已经充气,造成驻车制动力的减小,则 F_t 无法克服 F_i , 车辆会出现溜车现象;如果在驻车制动力反向增长时,驻车制动气室仍旧没有充气,则驻车制动会成为车辆起步的阻力,增加离合器的附加负载. 故需要合理控制驻车制动的放开时机,即要防止驻车制动放开过早,造成车辆溜车,又要避免驻车制动放开过晚,造成离合器的附加负载^[7].

3 驻车制动控制气路实验

全车储气系统的工作范围在 6.5 ~ 8.0 bar, 储气气压不同时,会对驻车制动响应造成影响,通过手控驻车制动阀与 AMT 控制两位三通阀的配合对不同气压下驻车制动响应时间进行测试,试验结果如表1所示.

表1 驻车制动松开时间

Table 1 Relaxing time of the parking break system	
气压/bar	响应时间/s
6.5	2.5
7.0	2.3
7.5	2.0
8.0	1.8

说明:响应时间为两位三通阀打开至驻车制动气压报警信号灯熄灭的时间,实际的驻车制动力开始减小的时间比信号灯熄灭时间要短.

由表1可以看出,随着车辆制动气路压力的下降,驻车制动响应时间会逐渐增加,进而影响到车辆坡道起步过程的控制效果. 根据实际车辆操作习惯,驾驶员在坡道停车后,在车辆重新运行前会将车辆制动气路的压力提高到最大值 8.0bar,故驻车制动辅助控制系统的控制策略以 8.0bar 的压力下驻车制动的放开时间为基准设计控制策略,并且通过离合器的辅助控制,可以适应低气压时驻车制动松开时间增长的情况.

4 车辆坡起辅助系统控制策略

4.1 系统控制过程

增加坡道辅助控制系统过后,坡道起步过程中 F_t 、 F_g 是 AMT 系统可以控制的两个作用力, F_t 受到发动机输出转矩和离合器结合程度的影响, F_g 受到驻车制动放开时机、制动气缸充气速度,以及制动气缸复位弹簧强度等的影响. AMT 系统通过合理控

制驻车制动放开时机和离合器的结合速度、结合程度就可以实现车辆在坡道上的平稳起步,并且还可以减小由于驻车制动引起的离合器附加磨损,延长离合器使用寿命。

通过图4的车辆受力分析,驻车制动放开时机是坡道起步过程中,坡起辅助系统控制的关键问题,如果驻车制动松开太早,离合器传递的驱动力无法克服车辆的坡道阻力,会出现溜车的危险情况;如果驻车制动松开太晚,驻车制动会对车辆起步造成阻力,造成离合器的附加磨损。通过分析,坡道起步辅助系统的控制目标就是保证驻车制动放开的时机控制在第3阶段如图5所示,并且尽量减少驻车制动力的反向增长,在保证车辆不溜车、发动机不熄火的同时,减少离合器的磨损。图5中第一阶段驻车制动未放开;第二阶段驻车制动力正向减小到0;第三阶段驻车制动力反向增长;第四阶段表示驻车制动完全放开。

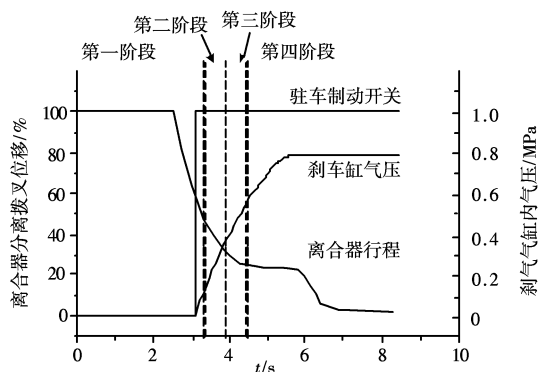


图5 坡道起步过程
Fig.5 Process of hill-starting

4.2 车辆负载对起步过程的影响

重型商用车辆负载变化较大,以北方奔驰2627型实验样车为例,空载整车质量13t,实验满载整车总质量30t,车辆在同一坡道起步时,车辆满载和空载相比坡道阻力 F_i 增加了1.3倍。在不同载荷状况下,需要系统控制策略能够做出相应的调整:空载时,车辆起步发动机负荷相对较小,此时允许离合器结合速度稍快,以增加车辆动力性,减少离合器磨损;满载时,车辆起步发动机负荷相对较大,此时离合器结合速度要加以控制,防止发动机负载过大导致熄火等意外情况发生。

基于以上车辆起步过程分析,以发动机转速及变速器输入轴转速变化率作为控制参量,在一定油门开度下,如果发动机转速降低速率较大,则认为车辆负载较大或者离合器结合位置较深,离合器结合速度需要减缓,防止发动机熄火情况发生;如果发动机转速不降低或者降低速率较小,则认为车辆负载

较小或者离合器结合位置较浅,则离合器结合速度需要加快,以提高动力性和减少离合器磨损。

4.3 系统控制策略

根据系统控制过程及系统部件的特点,设计坡道起步辅助控制的控制软件,软件流程图如图6所示。

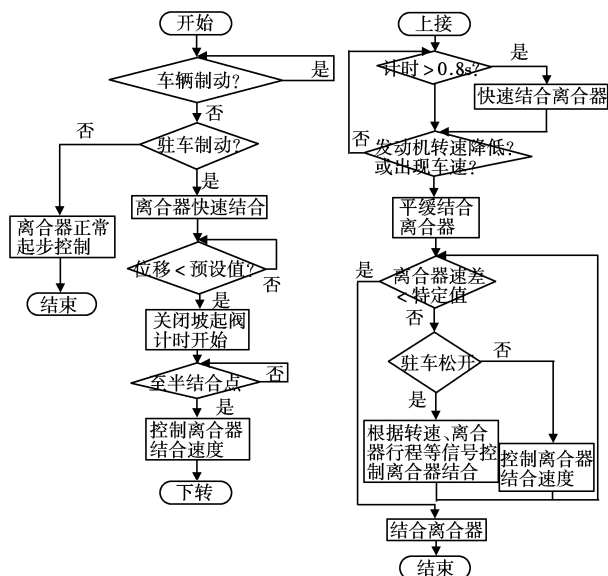


图6 软件流程图

Fig.6 Structure of the software

AMT车辆起步自动控制时,驾驶员松开制动后,系统进入车辆起步离合器自动结合控制。首先通过驾驶员的操纵,对车辆是否在坡道起步做出判断,如果驾驶员松开制动时,车辆处在驻车制动状态,车辆进入坡道起步控制程序,否则控制系统进入普通路面起步控制程序,坡道起步辅助控制系统不起作用。

车辆坡道起步控制过程中,驻车制动松开至发动机有负载增加的时间间隔应该少于驻车制动完全松开的时间,防止驻车制动完全放开后,离合器传递的扭矩小于车辆坡道阻力,造成车辆溜车的危险情况出现。

5 试验分析

在改装了坡道起步辅助控制系统的试验车上,基于以上控制策略,在11°公路坡道和14°土石路坡道上进行了坡道起步试验,试验曲线如图7所示。

车辆在坡道上停车后,驾驶员驻车制动,等车停稳后,驾驶员通过电子换挡手柄操纵AMT挂入起步档,松开制动踏板,加油门,然后驾驶员打开手控驻车制动阀。从数据中可以看出,根据车辆起步坡道和负载的差异,驾驶员会选择不同的起步档位和不同的油门开度,大坡度、大负载时采用爬坡档(慢速

档)起步,并且油门开度相对较大;小坡度、小负载时采用1档起步,并且油门开度相对较小.如图7所示,满载坡道起步时,发动机转速峰值达1800 r/min,空载坡道起步时,发动机转速峰值较低为1100 r/min左右.当驾驶员松开手控驻车制动阀后,驻车制动控制气路中的两位三通阀被打开,驻车制动转由AMT控制,当离合器结合到预设位置时,两位三通阀被关闭,驻车制动气室开始充气,驻车制动逐渐松开,直至气室内气压达到特定值,驻车制动完

全放开.随着离合器的逐渐结合,离合器传递的扭矩逐渐增加,发动机转速逐渐降低,为防止发动机转速的进一步降低,离合器结合速度减缓,随着车速的逐渐增加,当离合器主、从动盘间的转速差减小到较低值时,离合器快速结合直至完全结合,车辆起步过程结束.实验过程中,没有溜车和发动机憋熄火的现象发生,驻车制动的松开时机控制合适,控制策略在实验过程中得到充分的验证.

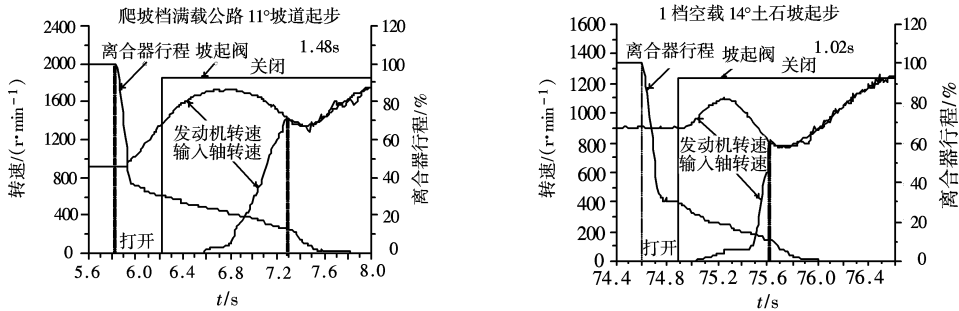


图7 坡道起步试验曲线
Fig.7 Curves of the hill-starting process

6 总结

通过对重型车辆的气压式驻车制动气路的自动化改装,在不改变原车操纵特性的前提下,实现了驻车制动系统的自动化控制,为重型车辆 AMT 坡道起步辅助控制系统提供了硬件基础.通过对车辆坡道起步过程的受力分析,讨论了驻车制动松开的正确时机,提出了车辆坡道起步辅助控制策略,并且在实验样车上对控制策略进行了验证,取得了较好的坡道起步控制效果,达到了试验目的.

参考文献:

[1] 席军强,丁华荣,陈慧岩. ASCS 与 AMT 的历史、现状及其在中国的发展趋势[J]. 汽车工程, 2002,24(2):89-93.
 XI Junqiang, DING Huarong, CHEN Huiyan. The history and present status of ASCS and AMT and their development trend in China[J]. Automatic Engineering, 2002, 24(2):89-93.
 [2] 何忠波,白鸿柏. AMT 技术的发展现状与展望[J]. 农业机械学报,2007,38(5):182-186.
 HE Zhongbo, BAI Hongbai. Automatic mechanical transmission technique development actuality and expectation [J].

Transactions of the Chinese society of agricultural machinery, 2007, 38(5):182-186.
 [3] 刘振军,秦大同,胡建军. 重型车辆自动变速技术及发展趋势[J]. 重庆大学学报,2003,26(10):10-14.
 LIU Zhenjun, QIN Datong, HU Jianjun. Automatic transmissions technique and development trend for heavy vehicle[J]. Journal of Chongqing University, 2003, 26(10):10-14.
 [4] 葛安林. 车辆自动变速理论与设计[M]. 北京:机械工业出版社,1993.
 GE Anlin. Automated transmission theory and design of vehicle [M]. Beijing: China Machine Press, 1993.
 [5] WALTZ E, LLINAS J. Multisensor data fusion[M]. London: Artech House, 1992.
 [6] 余志生. 汽车理论[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
 YU Zhisheng. Automobile theory[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2004.
 [7] 黄建明. 汽车起步过程的离合器控制[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2005,28(3):91-94.
 HUANG Jianming. Clutch control for automotive start-up process[J]. Journal of Chongqing University: Nature Science Edition, 2005, 28(3):91-94.

(编辑:陈燕)