

文章编号:1008-1542(2015)02-0118-08

doi:10.7535/hbkj.2015yx02002

中/重型汽车电子驻车系统设计与控制研究

王洪亮¹,董巍¹,李楠²,戴晓明¹

(1.南京理工大学机械工程学院,江苏南京 210094;2.中国人民解放军总装备部汽车试验场,江苏南京 210028)

摘要:针对中/重型汽车的驻车制动系统的自动控制问题,研究了气压式电子驻车制动系统的方案设计和控制策略等关键问题。分析了中/重型汽车驻车制动系统的结构特点和工作原理,提出了驻车制动系统实现电子化控制所需的各项功能,分析了影响驻车制动系统控制的关键整车状态信息及其含义。设计了气压式电子驻车制动系统的总体方案,采用具有自保持功能的双线圈二位三通气压电磁阀作为执行器,实现了驻车制动或驻车释放均无需长期供电。规划了系统各项功能模块,制定了自动驻车制动和自动驻车释放的控制策略。通过实车试验验证,证明了气压式电子驻车制动系统总体方案和自动驻车控制功能的可行性。

关键词:电子电路;中/重型汽车;驻车制动;电控系统;控制策略

中图分类号:U463.212 **文献标志码:**A

Design and research on the electronic parking brake system of the medium and heavy duty vehicles

WANG Hongliang¹, DONG Wei¹, LI Nan², DAI Xiaoming¹

(1. School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210094, China; 2. Virtual Proving Ground, PLA General Armament Department, Nanjing, Jiangsu 210028, China)

Abstract: Focusing on auto control of parking brake system of the medium and heavy duty vehicles, the key problems are studied including the system design and control strategies. The structure and working principle of the parking brake system of the medium and heavy duty vehicles are analyzed. The functions of EPB are proposed. The important information of the vehicle are analyzed which could influence the EPB system. The overall plan of the pneumatic EPB system is designed, which adopts the two-position three-way electromagnetic valve with double coil as actuator. The system could keep the vehicle parking brake status or parking release status for a long time without power supply. The function modules of the system are planned, and the control strategies of automatic parking brake and parking release are made. The experiment is performed on a medium-sized commercial vehicle which is experimentally modified. The overall plan of the pneumatic EPB system and the automatic parking function are proved through real vehicle tests.

Keywords: electronic circuits; midium/heavy duty vehicle; parking brake; electronic control system; control strategy

收稿日期:2014-07-23;修回日期:2014-10-10;责任编辑:冯 民

基金项目:国家自然科学基金(51205209);中国博士后科学基金(2013M531360)

作者简介:王洪亮(1984—),男,河北衡水人,讲师,博士,主要从事汽车动力学、汽车电子、自动变速技术等方面的研究。

通讯作者:董巍,硕士研究生。E-mail:494147011@qq.com

王洪亮,董巍,李楠,等.中/重型汽车电子驻车系统设计与控制研究[J].河北科技大学学报,2015,36(2):118-125.

WANG Hongliang, DONG Wei, LI Nan, et al. Design and research on the electronic parking brake system of the medium and heavy duty vehicles[J]. Journal of Hebei University of Science and Technology, 2015, 36(2): 118-125.

驻车制动系统是汽车制动系统的重要组成部分,主要用于车辆停车之后给车辆施加长期制动力,防止人员离车之后车辆自动移动,另外,驻车制动系统还具备坡道起步辅助功能及应急制动功能^[1-4]。

驻车制动的操作由始至终的贯穿于汽车的驾驶过程,起步之初,驾驶员要释放驻车制动,停车之后,要施加驻车制动,在城市路况频繁启停的工况下,给驾驶员带来较为繁琐的操控,容易导致驾驶疲惫。由于驾驶员的疏忽,离车后忘记施加驻车制动或者起步时忘记释放驻车制动,均会给车辆造成实际的损伤、带来安全隐患,乃至于车毁人亡的安全事故也时有发生^[5-8]。

在汽车电子技术快速发展的当下,驻车制动系统的电子化、智能化必然是发展趋势,目前小型乘用车的电子驻车制动技术(electronic parking brake system, EPB)^[9-10]已经有长足的发展,甚至于有产品推向市场,给驾驶员带来较大的帮助^[11-12]。

中/重型汽车的驻车制动系统的结构与小型乘用车有较大的差异,现有的 EPB 技术并不能很好地适用于中/重型汽车^[13-14]。本文以中/重型汽车的驻车制动系统的自动化控制问题研究为出发点,分析了中/重型汽车的气压式驻车制动系统的结构特点,提出了气压式电子驻车制动系统的系统方案,结合系统的功能需求,分析了系统的控制参数需求,设计了系统的总体方案,并提出了系统的控制策略,最终通过实车试验进行了验证。

1 气压式驻车制动系统

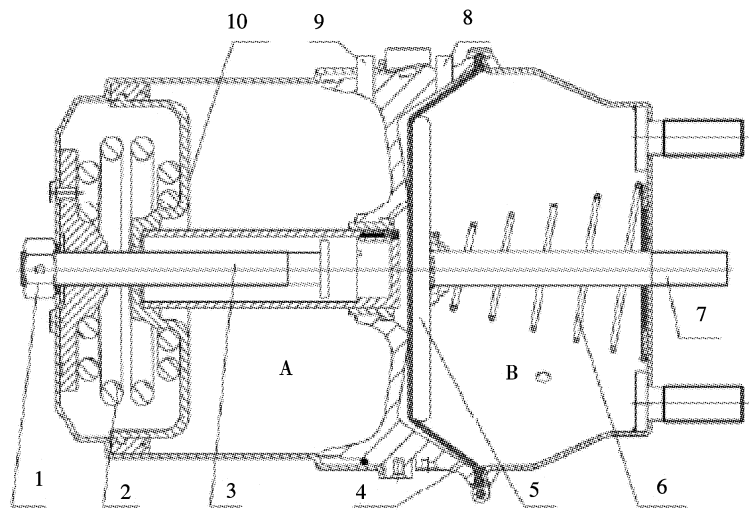
对于中/重型汽车,由于车重较大,对驻车制动力的需求较高,尤其是在不平路面上驻车时,受路面倾斜角度的影响,需对汽车施加更大的驻车制动力^[15]。因此,效仿乘用车完全靠人工拉动制动拉索来施加驻车制动力难以满足要求,或者为达到足够的驻车制动力,需要较大制动力放大杠杆,带来中/重型汽车驻车制动装置布置的困难。

为解决以上问题,中/重型汽车的驻车制动系统多采用气压式驻车制动系统,该系统的核心部件是弹簧制动缸,其结构如图1所示^[16]。

复合弹簧制动缸利用强力弹簧来推动制动蹄片施加驻车制动力,通过系统的初装,人工赋予弹簧较大的弹性势能,使得弹簧可以输出较大弹性力来推动制动蹄片。用弹簧施加制动力,可以保证长期驻车制动时,制动缸可以输出长期稳定的制动力,而不用担心由于汽车储气罐压力的下降而丧失驻车制动力。

由于制动缸在汽车上的安装之初就输出了较大的压力到制动蹄片,因此汽车如若要行驶,则需要一个较大的推力来压缩弹簧,释放其对制动蹄片的制动压紧力,在中/重型汽车上,该推力由汽车上的气压能源来实现,也就是汽车储气罐中的高压气体,高压气体充入到图1中的A气室内,通过活塞10压缩储能弹簧,释放弹簧施加于制动蹄片的推力,解除驻车制动。反之,如若汽车要施加驻车制动,则将A气室内的高压气体释放,弹簧伸张开,继续通过行车制动缸推杆7施加压力于制动蹄片,实现驻车制动。因此,中/重型汽车的驻车制动系统采用的是“断气刹”结构,简单来讲就是:给弹簧制动缸充气,释放驻车制动;给弹簧制动缸放气,施加驻车制动。

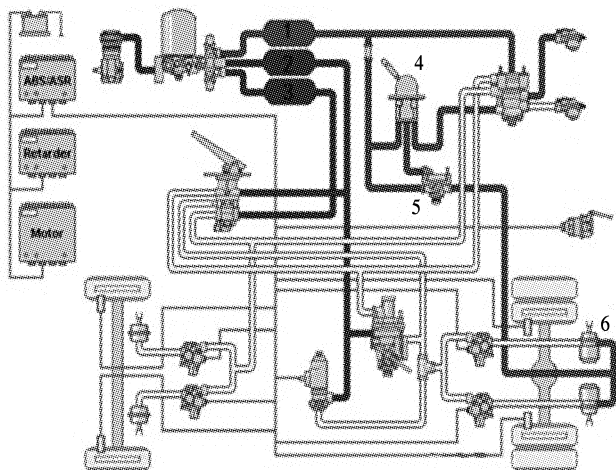
图2中所示的是中/重型汽车的制动系统的气路连接示意图,弹簧制动缸6通过气路与继动阀5相连,继动阀的主气路通过大直径的管路与储气罐相连接,其控制端通过气管路与安装于驾驶室的手控阀4相连接。手控阀由驾驶员控制,其结构如图3所示^[17]。



1—锁紧螺栓;2—储能弹簧;3—驻车制动缸推杆;4—膜片;5—推力盘;6—复位弹簧;7—行车制动缸推杆;8—行车制动气室通气口;9—驻车制动气室通气口;10—活塞;A—驻车制动气室;B—行车制动气室。

图1 复合弹簧制动缸结构

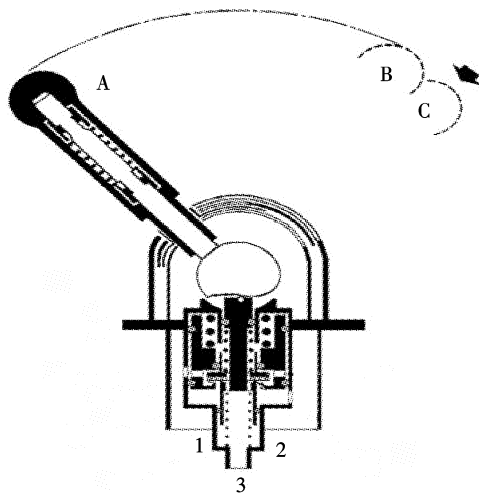
Fig. 1 Structure of composite spring brake cylinder



1,2,3—储气罐;4—手控阀;5—继动阀;6—弹簧制动缸。

图2 中/重型汽车气压式驻车制动系统结构

Fig.2 Structure of medium and heavy duty vehicles pneumatic parking brake system



1—进气口;2—出气口;3—放气口;A—驻车制动释放位置;B—驻车制动位置;C—驻车制动锁止位置。

图3 驻车制动手控阀结构

Fig.3 Structure of parking brake hand control valve

驻车制动手控阀位于位置A时,从储气罐来的高压气体通过进气口1连通到出气口2,然后进入到继动阀的控制端腔体内,打开继动阀的主气路,使得储气罐内的高压气体通过继动阀进入到弹簧制动缸内,压缩蓄能弹簧,释放驻车制动。当驾驶员操纵手控阀,使其手柄位于位置B时,继动阀控制端腔体内的气体通过手控阀放出,关闭继动阀的主气路,同时通过继动阀释放弹簧制动缸内的高压气体,蓄能弹簧复位,通过制动推杆施加给制动蹄片驻车制动力,实现汽车的驻车制动。

2 电子驻车制动控制功能需求分析

电子驻车制动系统实现了驻车制动的自动化控制,取代了传统“手刹”,因此其要具备完善的“手刹”功能,并且在某些方面要更加人性化、更加方便。电子驻车制动系统应该具备以下基本功能^[18-20]:

- 1)施加驻车制动;
- 2)释放驻车制动。

同时根据传统“手刹”使用过程中容易出现问题的特定工况,实现特定工况下驻车制动的自动化功能,例如:

- 1)汽车起步时,自动释放驻车制动;
- 2)汽车停车时,自动施加驻车制动;
- 3)驾驶员遗忘驻车时,自动施加驻车制动;
- 4)具备自动/手动控制模式切换,在复杂工况下实现驾驶员的干预控制。

电子驻车制动系统的自动化功能要具有但不限于以上4种功能,方能达到好的使用效果。

3 电子驻车制动控制参数

电子驻车制动系统为实现自动控制,需要对汽车的状态信息进行采集,然后基于信号变化进行逻辑分析,判断驾驶员对驻车制动状态的需求,驱动执行机构进行动作。为实现上文所述的电子驻车制动系统的4种自动化控制功能,系统需要采集的整车状态信息包括以下几种。

- 1)点火钥匙

信号来源于汽车点火钥匙开关,主要用于表征车电系统的电源是否接通、驾驶员是否意欲启动车辆,其状态信息及含义如表1所示。

表1 点火钥匙开关信息

Tab.1 Information of ignition key switch

状态	数值	含义
开启	1	车电系统上电,预备行车或汽车行驶中
关闭	0	车电系统断电,预备停车或汽车停驻中

2) 发动机转速

信号来源于发动机电控管理系统,主要用于表征发动机的当前工作状态——着车或熄火,见表 2。

3) 发动机输出驱动转矩

信号来源于发动机电控管理系统,主要指发动机输出给传动系统的用于驱动汽车前行的驱动转矩,见表 3。

4) 离合器工作状态

信号来源于离合器传感器,主要表征离合器的当前工作状态——分离或结合,见表 4。

表 3 发动机输出驱动转矩信息

Tab. 3 Information of engine output drive torque

数值	含义
>0	离合器结合,发动机输出驱动转矩
0	离合器分离,发动机不输出驱动转矩

表 2 发动机转速信息

Tab. 2 Information of engine speed

数值	含义
0	发动机熄火
>0	发动机着车

表 4 离合器工作状态信息

Tab. 4 Information of clutch working state

状态	数值	含义
结合	0	离合器结合
分离	1	离合器分离

5) 行车制动系统工作状态

信号来源于行车制动系统气压开关,主要表征行车制动系统的当前工作状态——制动或无制动,见表 5。

6) 驻车制动工作状态

信号来源于驻车制动系统气压开关,主要表征驻车制动系统的当前工作状态:驻车制动或释放,见表 6。

表 5 制动工作状态信息

Tab. 5 Information of braking operation state

状态	数值	含义
制动	0	制动器制动
无制动	1	解除行车制动

表 6 驻车制动工作状态信息

Tab. 6 Information of parking brake working condition

状态	数值	含义
驻车制动	1	施加驻车制动
驻车释放	0	释放驻车制动

7) 档位

对于手动档变速器,其档位信号通过倒档和空档两个档位开关信息进行判断,如表 7 所示。

8) 路面倾斜角度

通过倾角传感器测量汽车车身的倾斜角度。由于路面倾斜角度难以实时测量,可将车身的倾角信息进行处理之后作为路面倾斜角度用于系统控制。

9) 其他信息

为提高系统控制的安全性,或增加系统的附加功能,还可以对车身的若干信息进行采集,例如:车门是否关闭、发动机舱盖是否关闭、后备舱盖是否关闭、安全带是否连接等。

表 7 手动档变速器档位信息

Tab. 7 Information of manual transmission gear

状态	数值		含义
	倒档开关	空档开关	
倒档	1	0	变速器处于倒档
空档	0	1	变速器处于空档
1/2/3/4/5 档	0	0	变速器处于前进档

4 电子驻车制动系统设计

4.1 系统总体方案设计

根据气压式驻车制动系统的结构和工作原理,设计气压式电子驻车制动系统的结构如图 4 所示。

系统由 1 个电磁阀取代传统的手控阀,同时加装相应的气压传感器,对驻车制动气室内的气压进行检测,另加装相应的信号显示装置和电控按钮。EPB 电控单元通过 CAN 网络与汽车其他电控系统实现信息共享,例如:发动机转速、转矩、油门信号等相关信息,同时电控单元也可以自行采集和检测相关的汽车信息,例如:变速器档位、换挡手柄、制动信号等,对汽车的行驶状况进行判断,进而形成控制逻辑,驱动电磁阀动作,实现对驻车制动的控制。

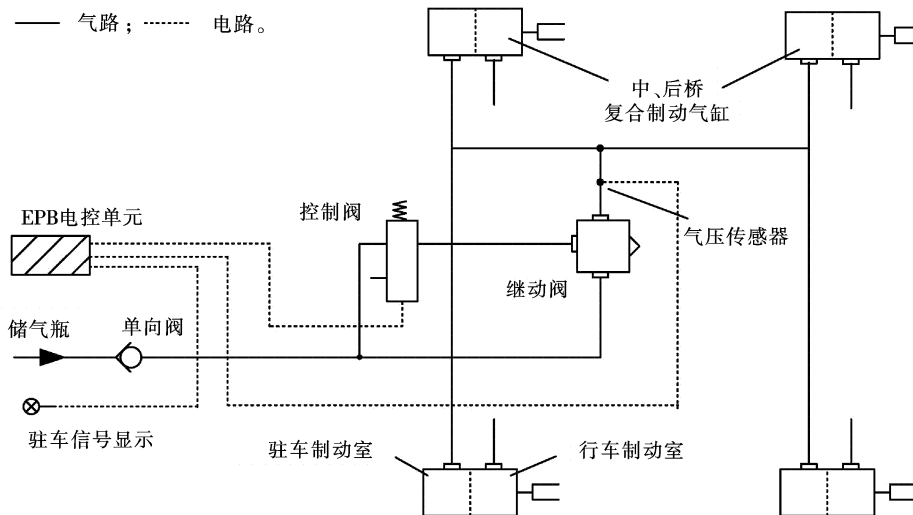


图4 气压式电子驻车制动系统结构示意图

Fig. 4 Structure diagram of pneumatic electronic parking brake system

4.2 控制电磁阀

驻车制动系统长期工作在2种状态:驻车制动或驻车释放,因此气压式电子驻车制动系统的控制电磁阀应该具备2种工作状态:第1种状态可以实现驻车制动;第2种状态可以实现驻车释放。同时,车辆处于驻车制动状态时,车电系统断电,在该状态下电磁阀需要依然能够实现车辆保持在驻车制动状态;在车辆处于驻车制动释放状态时,电磁阀在断电工况下也需能够保持驻车制动系统的当前工作状态。

为此,选择了二位三通式双线圈电磁阀作为气压式电子驻车制动系统的控制电磁阀,如图5所示。该电磁阀两端的电磁线圈用于控制电磁阀的2种工作状态,当线圈1上电后,A端与B端导通,P端处于截止状态,线圈1断电后,电磁阀保持当前状态不变,直至线圈2上电;当线圈2上电后,A端与P端导通,B端截止,线圈2断电后,电磁阀保持当前状态不变,直至线圈1上电。将A,B,P端口分别连通到继动阀、汽车储气罐和大气。通过该阀就可以实现气压式驻车制动系统的控制,并且驻车制动的释放和施加仅需要线圈1、线圈2的短期上电,无需长期给电磁阀提供电能。

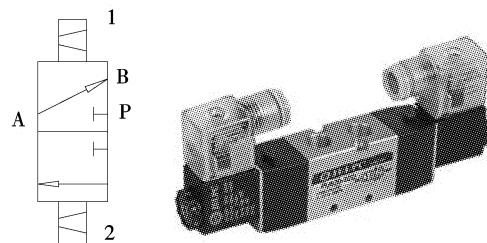


图5 电磁阀原理图

Fig. 5 Principle diagram of the solenoid valve

5 控制策略设计

以实现中/重型汽车驻车制动系统的自动化控制、降低驾驶员的操纵复杂度和难度为目的,设计了系统的自动控制功能,如图6所示。

根据驾驶员的驾驶需求和意愿,系统设计了手动/自动切换功能、自动驻车制动功能、自动驻车解除功能、防遗忘功能、坡道起步辅助功能等,可以满足汽车的实际使用需求。

以汽车的自动驻车制动功能和自动驻车释放功能为例,来说明系统的控制策略逻辑。

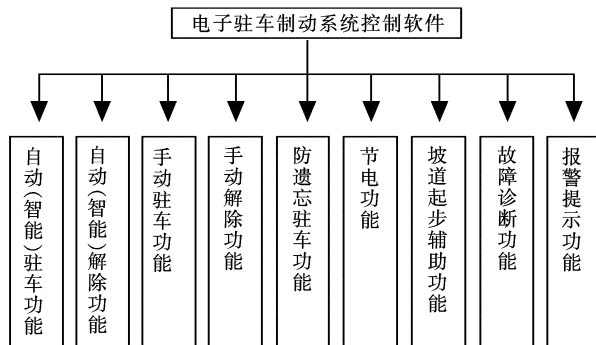


图6 系统控制功能示意图

Fig. 6 Structure diagram of system controlling functions

1)自动驻车制动控制策略

自动驻车制动功能是指当驾驶员将汽车停稳之后,系统判断驾驶员需要将汽车停驻在原地,则对车轮施加驻车制动。该功能基于车速信号、档位信号和路面倾斜角度等信息进行相关判断,当前车况符合控制条件,则驱动驻车制动电磁阀,施加驻车制动。其控制软件流程图如图 7 所示。

2)自动释放驻车控制策略

自动释放驻车功能是指当驾驶员意欲将汽车驶离时,由系统根据发动机转速、转矩、档位、路面倾斜角度等信息进行判断,符合控制条件,则驱动电磁阀,释放驻车制动,其控制软件流程图如图 8 所示。

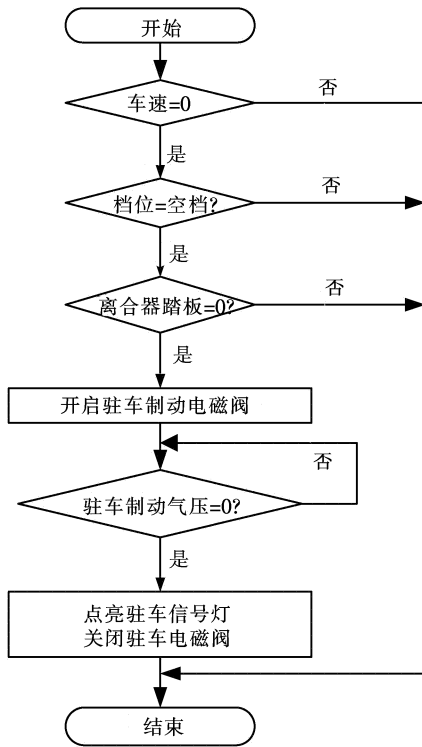


图 7 自动驻车制动控制流程图

Fig. 7 Flow chart of automatic parking brake control

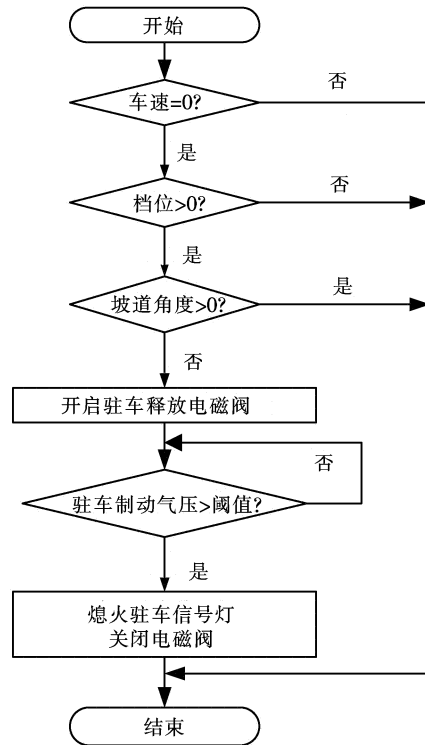


图 8 自动释放驻车控制流程图

Fig. 8 Flow chart of automatic release parking control

6 试 验

选择了某中型客车作为试验车,在试验车上加装了气压式电子驻车制动系统,安装了电控单元、驻车制动电磁阀、驻车制动按钮等装置,并且对原车的气管路和电缆做了相应的改装,试验车及其电子驻车制动系统如图 9 所示。

在试验车上针对系统的诸项功能进行了实车试验验证,得到相关的试验数据,系统的自动驻车和自动释放试验数据如图 10 a)、图 10 b)所示。

图 10 a)为自动驻车制动试验数据,如图所示,车辆停车之后,驾驶员踩下离合器踏板于 33.70 s 将档位摘至空档,并于 33.75 s 将离合器踏板抬起,系统开启驻车制动电磁阀,对驻车制动气缸进行放气操作,于 33.88 s 气管路中的气压信号转变,驻车制动完毕,电磁阀断电,车辆进入驻车制动状态。

图 10 b)所示为自动释放驻车的试验数据,系统检测到在 29.4 s 驾驶员踩下离合器,并于 29.5 s 挂上前



图 9 试验车及其电子驻车制动系统

Fig. 9 Testing vehicle and its electronic parking brake system

进档,当前进路面为平直路面时(路面倾斜角度接近 0°),因此启动释放功能,系统开启驻车释放电磁阀,对驻车制动气缸进行充气操作,于30.24s气路中的气压信号转变,驻车制动解除完毕,电磁阀断电,完成驻车制动释放。

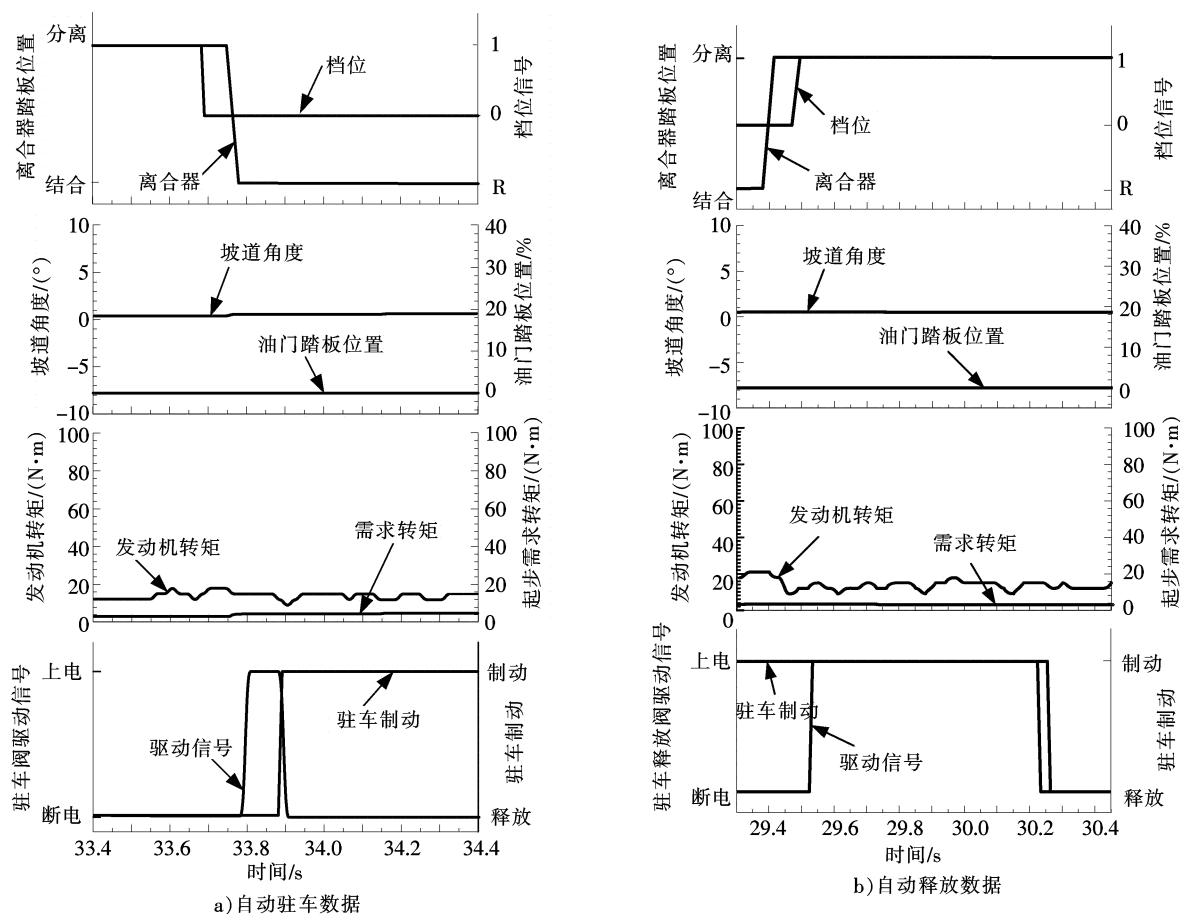


图 10 实车试验数据

Fig. 10 Testing data of real vehicle

7 结 语

在中/重型汽车的气压式驻车制动系统结构和功用分析基础之上,提出了气压式电子驻车制动系统的功能需求,提取了系统的控制参数,设计了基于2位3通双线圈电磁阀的气压式电子驻车制动系统的总体方案,提出了系统的控制策略,编写了控制软件,试制了样机并安装于试验车上,进行了实车试验验证,证明气压式电子驻车制动系统的设计方案和功能规划是切实可行的。

参考文献/References:

- [1] 王洪亮,赵熙俊,刘海鸥. 重型汽车 AMT 电控气动坡起辅助控制[J]. 山东大学学报(工学版),2009,39(5):79-83.
WANG Hongliang,ZHAO Xijun,LIU Haiou. The electronic-pneumatic hill-starting assist control for heavy-duty vehicle with AMT[J]. Journal of Shandong University(Engineering Science),2009,39(5):79-83.
- [2] 赵志国,王冬冬. 重型车辆侧翻预警技术研究现状及发展趋势[J]. 河北科技大学学报,2013,34(2):108-112.
ZHAO Zhiguo,WANG Dongdong. Research status and development trend of side tumbling pre-warning technology of heavy vehicle[J]. Journal of Hebei University of Science and Technology,2013,34(2):108-112.
- [3] 李玉林. 汽车电子驻车制动系统的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2013.
LI Yulin. Research of an Electronic Parking Brake System for Automobile [D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology,2013.

- [4] 郑婷,王洪亮,王显会,等. 电子驻车制动系统控制电路设计[J]. 机械工程与自动化,2014,185(4):164-165.
ZHENG Ting, WANG Hongliang, WANG Xianhui, et al. Control circuit design for electronic parking brake system[J]. Mechanical Engineering & Automation,2014,185(4):164-165.
- [5] 葛安林,雷雨龙,高义峰,等. 电控机械式自动变速器车辆坡上起步控制研究[J]. 汽车工程,1998,20(3):150-164.
GE Anlin, LEI Yulong, GAO Yifeng, et al. A research on hill starting control of AMT system of vehicle[J]. Automotive Engineering, 1998,20(3):150-164.
- [6] KLODE H. Electromechanical Parking Brake[P]. US:6561321 B1,2003-05-13.
- [7] 郭立书,施正堂,张正兵,等. 电子驻车制动系统[J]. 农业机械学报,2008(12):31-33.
GUO Lishu, SHI Zhengtang, ZHANG Zhengbing, et al. Electric parking brake system[J]. Transactions of the Chinese Society for Agriculture Machinery,2008(12):31-33.
- [8] LEE C H, CHUNG B, LEE Y O, et al. Fault detection method for electric parking brake systems with sensorless estimation using current ripples[J]. International Journal of Automotive Technology,2010(11):387-394.
- [9] DEPREZ P, DEVAUD E, PLANCHON P. Method and Device for Automatically Releasing the Automatic Parking Brake When Starting [P]. US:20060049691 A1,2006-03-09.
- [10] MONTI A, POTHIN R. System and Method for Controlling the Release of an Automatic Parking Brake Device Onboard an Automobile [P]. US:20100262329 A1,2010-10-14.
- [11] CAYOL O, RINALDIS A, DESFRICHES C, et al. Method for Assisting with Hill Starts[P]. US:20110202245 A1,2011-08-18.
- [12] JANG M, LEE Y, LEE W, et al. Novel clamping force control for electronic parking brake system[A]. Proceedings of the 7th Asian Control Conference[C]. Hong Kong:[s. n.],2009:1588-1593.
- [13] KLODE H, MILLER L. Electromechanical Parking Brake[P]. US:6561321 B1,2003-05-13.
- [14] BRAEUER T. Hillholder Assistance System Having a Variable Condition for Releasing the Brake[P]. US:20100262349 A1, 2010-10-14.
- [15] 王洪亮,苑庆泽,钟焕祥,等. 基于 EPB 的汽车坡道起步自动控制技术[J]. 北京理工大学学报,2014,34(4):344-348.
WANG Hongliang, YUAN Qingze, ZHONG Huanxiang, et al. Research on the hill-start auto control for the vehicles with EPB [J]. Transactions of Beijing Institute of Technology,2014,34(4):344-348.
- [16] FANTAZI A, HEMERY F. Spring Brake Accumulator Cylinder[P]. US:7866765 B2,2011-01-11.
- [17] 傅晓辉. 一种手控阀[P]. 中国专利:200985023Y,2007-12-05.
FU Xiaohui. A Manual Valve[P]. CN:CN200985023Y,2007-12-05.
- [18] GEYER A. Linear Electromechanical Screw Actuator for a Parking Brake[P]. US:7337883,2008-03-04.
- [19] 王超勇. 车辆电子驻车制动系统(EPB)的硬件设计研究[D]. 南京:南京理工大学,2009.
WANG Chaoyong. Design and Research of EPB System[D]. Nanjing:Nanjing University of Science and Technology,2009.
- [20] SUNAO H, TOMOAKI F, MASAHIRO N. Brake Control Apparatus and Method[P]. US:7000998 B2,2006-02-21.