

文章编号:1671-5497(2006)03-0307-04

基于目标控制器的四轮驱动汽车 沙地牵引力控制系统

宋大凤¹, 李 静¹, 马志敏², 赵 健¹, 李幼德¹

(1. 吉林大学 汽车工程学院,长春 130022; 2. 浙江亚太机电股份有限公司,杭州 311203)

摘要:针对车辆在实际沙地上行驶的特点,应用将 PI 控制与门限控制联合起来的控制方法设计了沙地牵引力控制油门控制系统。在某沙矿场的沙地上进行了基于目标控制器的汽车直线行驶牵引力控制实车道路试验。试验结果表明:采用 PI 控制和门限控制建立的油门控制系统能够消除驱动轮的过度滑转,防止驱动车轮在沙地上下陷,从而减小汽车行驶的推土阻力,提高汽车在沙地上的通过性和牵引性。

关键词:车辆工程;汽车牵引力控制;目标控制器;沙地;道路试验

中图分类号:U463.54 **文献标识码:**A

Four wheel drive vehicle traction control system on sandy terrain based on target controller

Song Da-feng¹, Li Jing¹, Ma Zhi-min², Zhao Jian¹, Li You-de¹

(1. College of Automotive Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China; 2. Zhejiang Asia-Pacific Machine & Electronic Co., Ltd., Hangzhou 311203, China)

Abstract: According to the driving behavior of the four wheel drive vehicle on the sand terrain, an engine throttle controller for the traction control system (TCS) on the sand terrain was developed using the combination of the PI control and the threshold control. The road test of the TCS based on the target controller for the vehicle driving straightaway was performed on the sand terrain of a sandpit. The test results show that the developed throttle controller can effectively avoid the excessive spin of the driving wheels and prevent the driving wheels from sinking into the sand, so that the driving resistance of the vehicle can be reduced and the vehicle driving ability and traction performance can be improved.

Key words: vehicle engineering; traction control; target controller; sandy terrain; road test

0 引言

目前,国内外对汽车牵引力控制系统的研

有很多^[1,2],但对于沙地上的牵引力控制系统的研
究较少,而且多数研究集中于沙地特性分析、
计算机仿真模拟或室内沙槽试验^[3,4],对牵引力
控制系统进行实际沙地实车道路试验的较少。作

收稿日期:2005-06-20.

基金项目:国家科技攻关计划项目(2002BA442C);吉林大学“985 工程”资助项目.

作者简介:宋大凤(1977-),女,博士研究生. 研究方向:汽车牵引力电子控制系统. E-mail:songdf@126.com

通讯联系人:李幼德(1946-),男,教授,博士生导师. 研究方向:汽车地面系统研究与控制. E-mail:auto_tcs@jlu.edu.cn

者利用自行研制的 TCS 目标控制器进行了冬季冰雪路面的牵引力控制道路试验后,通过大量的沙地实车牵引力控制试验,分析总结出将 PI 控制和门限控制联合使用的沙地发动机油门控制系统,对沙地工况进行了牵引力控制道路试验,并采用驱动轮制动控制进行了沙地试验和对比分析。试验结果表明所设计的油门控制系统可有效提高车辆在沙地的通过性和牵引能力,同时进一步验证了所研制的 TCS 目标控制器的实用性和可靠性。

1 道路试验整车配置

针对四轮驱动试验车辆,牵引力控制系统道路试验的整车硬件配置如图 1 所示。车载硬件主要包括传感器/执行器、目标控制器 ECU、PC 微机及单片机开发系统。试验人员包括驾驶员、操作员和记录人员。

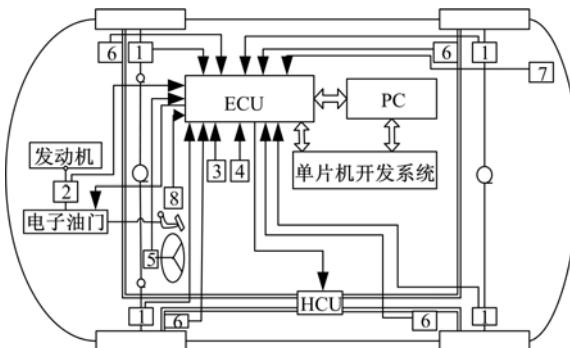


图 1 沙地 TCS 道路试验整车硬件布置图

Fig. 1 Configuration of TCS for road test on sandy terrain

1 – 驱动轮轮速传感器; 2 – 油门位置传感器; 3 – 纵向加速度传感器; 4 – 沙地开关; 5 – 方向盘转角传感器; 6 – 驱动轮制动压力传感器; 7 – 制动灯开关; 8 – TCS 退出开关

1.1 传感器/执行器

TCS 目标控制器所需传感器有:输出模拟信号的油门位置传感器及方向盘转角传感器、输出正弦波信号的磁电式轮速传感器。开关量输入有沙地开关、制动开关和 TCS 退出开关,其中,制动开关串接在制动灯回路中,主要用来判断驾驶员制动工况以便及时退出牵引力控制恢复常规制动;TCS 退出开关用于人为进入或退出车辆 TCS 控制。

TCS 控制包括制动控制和油门控制,所以执行器主要有油门动作执行器及驱动轮制动压力调

节器。发动机油门执行器采用控制精度较高的步进电机;驱动轮制动压力调节器采用两位两通高速开关阀^[5],且制动压力通过泵电机带动泵来实现。

单片机开发系统为目标控制器软件的在线调试提供平台,它以仿真 RAM 代替目标控制器的程序存储器,所以源程序可随时在线修改。程序调试运行良好时,即可将程序固化,构成实用系统。

1.2 TCS 控制器

TCS 控制器包括主控制器和油门子控制器。TCS 主控制器主要由单片机最小系统、输入电路、输出电路、通讯接口电路及电源管理部分组成^[6]。当检测到沙地开关信号时,它便采集计算轮速信号,运行沙地牵引力控制算法,并输出控制指令。

由于油门动作装置执行速度相对较慢,因此,为了减小主控制器的主循环时间,不影响控制的实时性及精度,发动机油门采用自己单独的 ECU 进行控制。发动机油门电控单元根据采集到的油门位置信息及主控制器发出的指令驱动油门执行器,调节发动机油门开度。考虑到油门控制相对简单,选择 Intel 8 位单片机 89s51 作为控制器 CPU。

由于 CAN 总线具有传输速率高、传输距离远、传输可靠性高等特点,所以主控制器与油门 ECU 之间采用 CAN 总线进行数据传输以适应牵引力控制系统将来的功能扩展。数据传输框图如图 2 所示。同时,利用 Candy PC 并口 CAN 智能

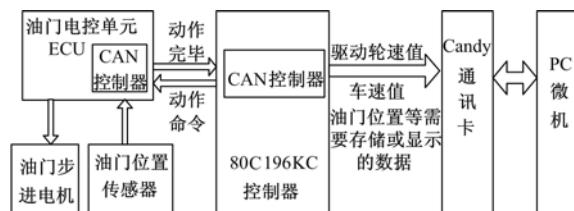


图 2 CAN 总线数据传输框图

Fig. 2 Data transmission on CAN bus

型接口卡,将主控制器与 PC 微机通过 CAN 总线进行通信,使主控制器采集到的各个车辆运行状态及控制量传输给 PC 进行数据保存、处理及显示,以便实时进行控制参数的修改与完善。

1.3 试验样车

试验样车为短时四轮驱动的某轻型越野车,装备普通弹性充气轮胎。变速器为五挡,其中一

挡传动比 $i_{g1} = 6.194$; 主减速器传动比 $i_0 = 6.143$; 分动器有高速和低速两个挡位。

2 油门控制系统

越野汽车在沙地驱动行驶的牵引性能与驱动轮的滑转有很大的关系^[7]。由于沙地的松散性,当驱动轮产生过度滑转时会产生严重的车轮向后刨沙现象,从而导致驱动轮下陷,增大了车辆行驶的推土阻力,严重的情况下会使车辆无法越出沙坑,影响了车辆的沙地通过性和牵引性。所以车辆沙地工况 TCS 控制,首要的还是控制驱动轮的过度滑转,同时要保证发动机能提供足够的动力,从而提高越野汽车在沙地上的牵引性能。

2.1 油门 PI 控制

采用增量式 PI 控制方法^[8]:

控制器输入误差:

$$e = v_r - v_i$$

控制器输出油门位置增量:

$$d_{kd} = k_p \cdot e + k_i \cdot d_e$$

式中: v_i 为目标车速, $v_i = v_x / (1 - s_{0e})$, s_{0e} 为油门控制目标滑移率, v_x 为车速; v_r 为驱动轮速均值; k_p 、 k_i 分别为比例系数和积分系数; d_e 为输入误差增量。

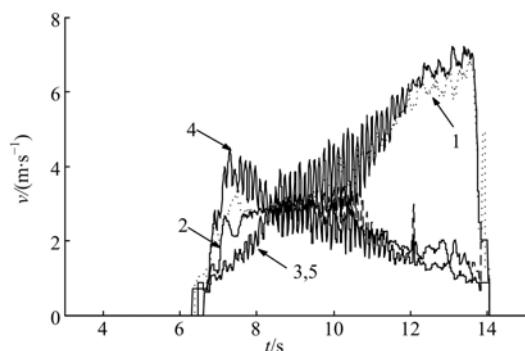


图 3 沙地工况无牵引力控制试验曲线

Fig. 3 Test curves of non-traction control on sandy terrain

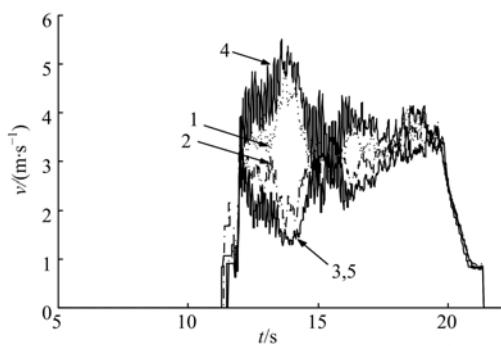


图 4 沙地工况牵引力控制试验曲线

Fig. 4 Test curves of traction control on sandy terrain

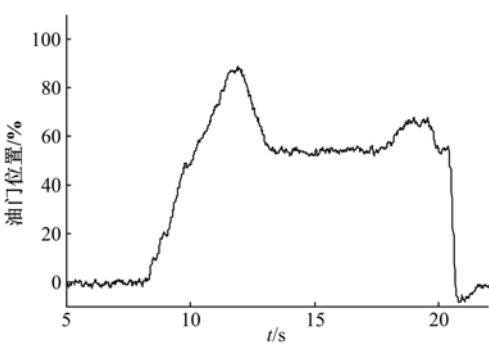
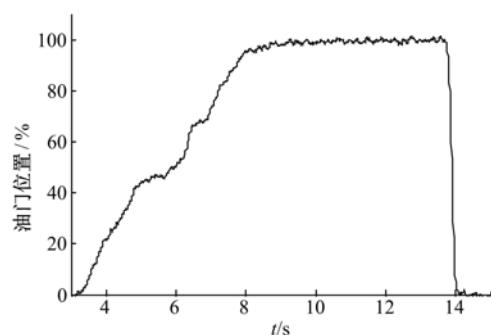
2.2 油门开度门限控制

在 TCS 控制过程中,通过减小发动机油门开度以调节驱动轮的滑转率的同时,要保证发动机提供足够的动力以克服沙地较大的行驶阻力,否则即使驱动轮不再过度滑转,车辆也不能克服阻力向前行驶。所以,油门 PI 控制过程中要设定发动机油门开度的下限,即在 TCS 控制过程中,发动机油门开度不能小于此门限。门限值的确定需根据试验样车的整车参数(如发动机参数、传动系参数等)并通过大量的沙地试验来获得。

3 结果及分析

利用自行开发、研制的 TCS 控制器在内蒙某砂矿的沙地路面上进行了无牵引力控制及装备牵引力控制的原地加速对比试验。试验条件:车辆空载,分动器高挡,变速器一挡,起动时驾驶员将加速踏板踩到最大位置(100%)并保持不变;同时对加速时间及行驶距离进行测量,以便计算车辆加速过程的平均车速。为了消除环境及某些偶然因素对试验结果的影响,每个试验工况均连续试验 5 次,试验数据取其平均值。

图 3 和图 4 分别为试验样车在沙地路面直线



驱动行驶时没有牵引力控制和有牵引力控制(油门控制)参与的速度、油门开度试验结果曲线。其中,速度图中,1代表左前驱动轮轮速,2代表右前驱动轮轮速,3代表左后驱动轮轮速,4代表右后驱动轮轮速,5代表车速。

3.1 无牵引力控制沙地试验

从图3的无牵引力控制试验曲线看出,当油门开度增大时,由于实际载荷分配及实际路面的非严格“均一”性决定并不是所有驱动轮在沙地上均打滑。试验开始阶段,左前轮与右后轮打滑,其他两驱动轮滑动较小或者不滑。当油门开度达到100%时,1、4轮速与2、3轮速分离较大,即驱动轮过度滑转,此时打滑车轮在沙地上下陷,导致整车不能前进。经测量计算,车辆加速过程中行驶距离为9.4 m,加速时间为10.4 s,即平均车速为0.903 m/s。

3.2 TCS 油门控制沙地试验

从图4的牵引力油门控制试验曲线看出,当油门开度没达到最大位置时,TCS油门PI控制器已经将油门开度调小并保持在油门最小开度门限位置,此时驱动轮过大的轮速差已被消除,从而避免了驱动轮的刨沙下陷,减小了沙地的推土阻力,使得车辆顺利行驶。同样经测量计算,车辆加速过程中行驶距离10 m,加速时间8.8 s,即平均车速为1.136 m/s。即装备牵引力控制系统的试验车辆与未装备牵引力控制系统的试验车辆相比,平均车速提高了26%。同时与无TCS相比,有TCS车辆能够顺利通过沙地路面。

4 结 论

(1)有牵引力控制系统的试验样车能有效地通过松散沙地。

(2)有牵引力控制系统的试验样车比没有牵引力控制系统的试验样车的平均车速提高20%。

(3)所研制的TCS目标控制器能够实现沙地牵引力控制的基本功能,且工作可靠、控制准确。

参考文献:

[1] Sohel Anwar. Brake-based vehicle traction control via

generalized predictive algorithm [J]. SAE Technical Papers, 2003-01-0323.

[2] Kazushi Hosomi, Nagae Akira, Shinsuke Yamamoto. Development of active-traction control system [J]. SAE, 2000-01-1636.

[3] 季学武,樊慧文,杨延辰. 轮胎-沙土地相互作用的预测模型及试验研究[J]. 农业机械学报,2000,31(3):8-10.

Ji Xue-wu, Fan Hui-wen, Yang Yan-chen. Prediction model and experimental study on the interaction of tyre and sand[J]. Transaction of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2000,31(3):8-10.

[4] 李静,李幼德,赵健,宋大凤. 四轮驱动汽车沙地牵引力控制方法仿真[J]. 吉林大学学报:工学版, 2004,34(1):75-78.

Li Jing, Li You-de, Zhao Jian, Song Da-feng. Simulation of four wheel drive vehicle traction control on sandy terrain[J]. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 2004,34(1):75-78.

[5] 赵健.TCS 制动压力调节装置及分离路面控制逻辑研究[D]. 长春:吉林大学汽车工程学院,2003.

Zhao Jian. The exploitation of 4WDTCS brake pressure modulator & research of control logic on split- μ road [D]. Changchun: College of Automotive Engineering, Jilin University, 2003.

[6] 宋大凤,李静,石桂花,赵健,李幼德. 基于车辆快速开发系统的汽车牵引力控制目标控制器[J]. 吉林大学学报:工学版,2005,35(1):1-6.

Song Da-feng, Li Jing, Shi Gui-hu, Zhao Jian, Li You-de. Target controller for traction control system based on vehicle rapid development system[J]. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition) 2005,35(1):1-6.

[7] 李幼德,王志浩,李韧. EQ2110G 汽车新疆塔里木沙漠地区的通过性研究[J]. 汽车工程,1994,16(2):74-79.

Li You-de, Wang Zhi-hao, Li Reng. A study on the mobility of EQ2110G trucks in Xinjiang Tarem desert [J]. Automotive Engineering, 1994,16(2):74-79.

[8] 李静. 越野汽车牵引力控制策略与控制算法研究[D]. 长春:吉林大学汽车工程学院,2003.

Li Jing. Study on the control strategy and control algorithm of traction control system for 4WD vehicles[D]. Changchun: College of Automotive Engineering, Jilin University, 2003.

(责任编辑 张祥合)