

基于超声波雷达的加速踏板防误踩控制系统

卢 雄, 王 全, 文健峰, 杨杰君, 欧阳智

(中车时代电动汽车股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

摘 要:提出一种基于超声波雷达的加速踏板防误踩控制系统。该系统用超声波雷达实时感知自行车与障碍物的距离信息,并利用车身传感器采集和分析驾驶意图,在准确筛选出误踩加速踏板的行为后,发出声光预警信号并采取抑制整车动力输出或控制整车主动刹车的措施,以达到安全行车的目的。

关键词:超声波雷达;加速踏板防误踩;声光预警;抑制动力;主动刹车

中图分类号:U469.72⁺2;U461.91

文献标志码:A

文章编号:1006-3331(2022)04-0018-04

Control System of Anti-accidental Accelerator Based on Ultrasonic Radars

LU Xiong, WANG Quan, WEN Jianfeng, YANG Jiejun, OUYANG Zhi

(CRRC Electric Vehicle Co., Ltd., Zhuzhou 412007, China)

Abstract:This paper proposes a control system of anti-accidental accelerator based on ultrasonic radars. The system uses ultrasonic radars to perceive the real-time distance information between self-vehicle and obstacles and uses body sensors to collect and analyze the driving intention to accurately screen out the behavior of stepping the accelerator by mistake. Then the system sends out the sound and light warning signals, and meanwhile it takes the measures of suppressing the vehicle's power output or controlling the vehicle's active braking to achieve the purpose of safe driving.

Key words:ultrasonic radar; anti-accidental accelerator; sound and light warning; power suppression; active braking

研究表明,很多交通事故是由于驾驶员在低速行驶时注意力集中在与障碍物的距离上,记错了当前的脚位,误把加速踏板当刹车操作造成的。因此开发一种加速踏板防误踩的主动安全控制系统具有重大意义^[1]。

本文以一辆8.5 m纯电动城市客车为实施对象,提出一种基于超声波雷达的加速踏板防误踩控制系统。当自行车低速行驶且前方或后方存在可能发生碰撞风险的障碍物时,系统及时发出声光预警信号。此时如果驾驶员误踩了加速踏板,系统在发出声光预警信号的同时也会及时抑制动力输出,在很危险的情况下还会主动刹车,保证行车安全。

1 系统方案

该控制系统包含4个子系统,分别是人机交互系统、环境感知系统、决策控制系统、决策执行系统。其中决策控制系统在第2部分重点介绍。

1) 人机交互系统。车载仪表和中控触摸屏是人机交互系统中的硬件设备。驾驶员可以通过中控屏的虚拟按钮设置前后雷达功能的开启和关闭以及预警音量的大小。当前方或后方雷达功能已开启,整车处于前进或后退挡位且决策控制系统发出相应预警指令时,仪表在发出声音预警信号的同时也会显示前方或后方4个超声波雷达对应的图标,以提示驾驶员前方或后方4个超声波雷达各自的预警等级,如图1

收稿日期:2022-03-13。

第一作者:卢 雄(1996—),男,工程师;主要从事新能源汽车整车控制与辅助驾驶控制软件开发工作。E-mail:925096526@qq.com。

所示。

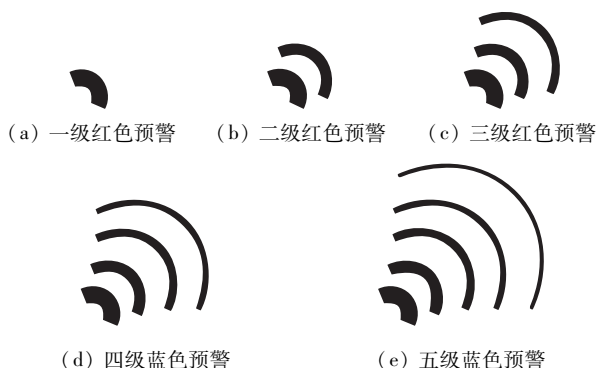


图1 预警显示 UI

2) 环境感知系统。环境感知系统包含8个采样精度高、防水、防尘、防震等级高的超声波雷达传感器,用来感知车辆前方和后方障碍物与自车的相对距离等信息,VCU将采集到的整车信息和距离信息传输给决策控制系统,并将决策的预警结果传输给仪表进行声光预警。

3) 决策执行系统。决策执行系统包含车载仪表(既有人机交互功能,也有决策执行功能)、电机、EBS制动系统。其中车载仪表负责执行决策控制系统的声光预警指令;电机负责执行决策控制系统的动力抑制和电制动控制指令;EBS制动系统负责执行决策控制系统的气制动控制指令。

2 决策控制系统

决策控制系统是系统中最核心的子系统,负责实时采集整车信息,分析驾驶行为,并根据环境感知系统反馈的感知信息定义预警等级,再根据预警等级和当前整车状态决策出预警信号、限扭信号以及制动信号。

2.1 预警机制

首先需要对超声波环境感知系统反馈的原始距离信息进行一阶滤波,以消除由于感知系统不稳定而导致反馈的距离信息与实际情况不符的因素。一阶滤波方程如下:

$$Y_n = \alpha X_n + (1 - \alpha) Y_{n-1}$$

式中: α 为滤波系数; X_n 为本次采样值; Y_{n-1} 为上次滤波输出值; Y_n 为本次滤波输出值^[2]。

根据滤波后的距离信息定义合理的预警等级及

相应的不同响停比例的声音预警和不同等级的光学预警信号。当整车挡位为前进挡(或后退挡)时,只要前方(或后方)4个超声波雷达距离信息中的任意一个达到了相对应的预警等级,系统都会输出对应雷达的声光预警信号。如果有2个及以上的雷达同时有声音预警请求时,则系统优先响应紧急程度更高的声音预警信号。预警信号内容如下:

1) 当距离处于0~46 cm时,预警等级为一级,声音预警信号为长鸣声,光学预警信号为图1(a)。

2) 当距离处于47~86 cm时,预警等级为二级,声音预警信号的响停比例为1:3,光学预警信号为图1(b)。

3) 当距离处于87~126 cm时,预警等级为三级,声音预警信号的响停比例为1:6,光学预警信号为图1(c)。

4) 当距离处于127~166 cm时,预警等级为四级,声音预警信号的响停比例为1:9,光学预警信号为图1(d)。

5) 当距离处于167~206 cm时,预警等级为五级,声音预警信号的响停比例为1:12,光学预警信号为图1(e)。

6) 当距离大于206 cm时,仪表不会发出任何声音及光学预警信号。

2.2 驱动扭矩限制控制

2.2.1 误踩加速踏板筛选

VCU实时采集整车信息并计算加速踏板开度及其变化率,分析驾驶员的驾驶行为,根据环境感知系统反馈的感知信息筛选出驾驶员误踩加速踏板的行为。在前方或后方雷达系统功能开启、车速小于10 km/h、挡位为非空挡的前提下,当VCU检测到加速踏板开度大于50%且踏板开度变化率(每50 ms计算更新一次)大于设定的阈值(本文为148%,由实车调试标定)时,则判定驾驶员当前误踩了加速踏板,此时加速踏板误踩标志被置位。此后如果加速踏板开度连续200 ms保持小于30%,则说明驾驶员已松开加速踏板,此时加速踏板误踩标志位被清零;否则加速踏板误踩标志位继续保持被置位的状态。误踩加速踏板筛选流程如图2所示。

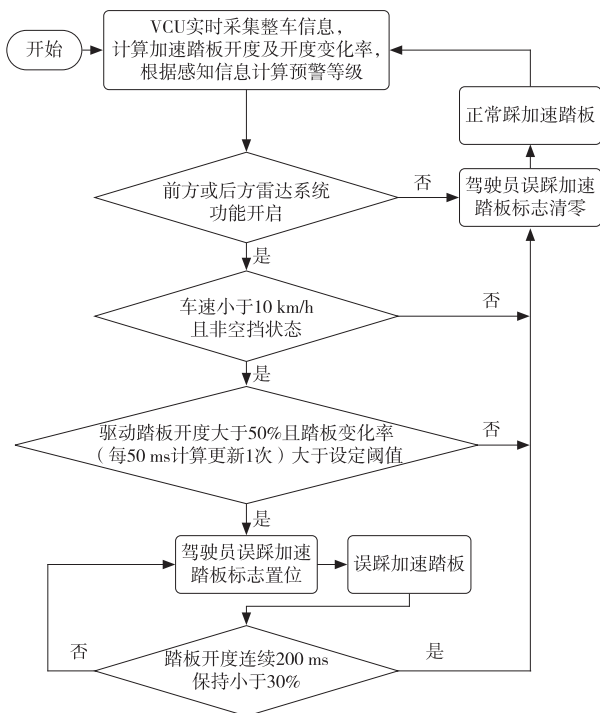


图2 误踩加速踏板筛选流程

2.2.2 驱动扭矩限制

当被判定为误踩加速踏板且任意一个超声波雷达的预警等级达到一级、二级或三级时,系统在输出声光预警信号的同时也会迫使整车的动力扭矩输出为0;否则解除驱动力限制,车辆保持正常行车。

2.3 制动控制

当被判定为误踩加速踏板且任意一个超声波雷达的预警等级达到一级时,系统在输出声光预警信号、迫使整车动力扭矩输出为0的同时,还会进行主动刹车。其他情况下不进行主动制动。

2.3.1 制动需求减速度标定

当系统有主动刹车介入请求时,其需求的减速度与整车车速相关。因此需要根据制动时当前不同车速 v_0 标定一个相应的需求减速度 a_0 。表1为该车的标定情况。

表1 制动请求时 v_0 与 a_0 的标定对应

$v_0/(km \cdot h^{-1})$	$a_0/(m \cdot s^{-2})$	$v_0/(km \cdot h^{-1})$	$a_0/(m \cdot s^{-2})$
0	0	6	1.35
1	1.2	8	1.4
2	1.25	10	1.5
4	1.3		

2.3.2 制动需求扭矩控制

对于纯电动客车而言,其制动力来源有驱动电机

输出的回馈电制动力及制动系统输出的气制动力^[3-4]。

根据车辆在道路上制动时的力学平衡方程可知^[5],制动总需求扭矩 T_{tq} 为:

$$T_{tq} = \frac{\left[\left(\delta \cdot m a_0 - m g \cdot f \cdot \cos \alpha - \frac{C_D \cdot A \cdot v^2}{21.15} - m g \cdot \sin \alpha \right) \times r \right]}{i_o \cdot \eta_T}$$

式中: m 为整车载重; a_0 为需求减速度; g 为重力加速度; f 为滚动阻力系数; α 为坡道角度(上坡为正,下坡为负); C_D 为风阻系数; A 为迎风面积; v 为车速; δ 为旋转质量换算系数($\delta > 1$); r 为半径; i_o 为后桥速比; η_T 为传动效率。

当电制动力不足以提供足够的制动力来达到系统需求的减速度时,需要气制动系统及时自动介入以补偿电制动力的不足。由于VCU发出气制动控制指令到气制动力反映到车轮端有大约600~800 ms的延迟,为了保证制动力的连续性,让气制动力提前一段时间(根据实际状态标定)介入以消除气制动力迟滞问题。

由于VCU与气制动系统是通过减速度值(而非扭矩值)进行交互,因此当系统有气制动请求,即 T_{tq} 大于当前车辆最大允许电制动扭矩 T_{Emax} 时,需要将气制动减速度对应的制动扭矩 T_{Air} 转换成气制动减速度值 a_{Air} 进行输出控制。相关公式如下:

$$T_{tq} = T_{Emax} + T_{Air}, \text{ 即 } T_{Air} = T_{tq} - T_{Emax}$$
$$a_0 = a_{Emax} + a_{Air} + a_w + a_r + a_f, \text{ 即 } a_{Air} = a_0 - a_{Emax} - a_w - a_r - a_f$$

式中: T_{Emax} 为当前车辆最大允许电制动扭矩; a_{Emax} 、 a_w 、 a_r 、 a_f 分别为电制动力、风阻力、坡道阻力以及滚动阻力作用于整车的减速度值。

从而可以计算出气制动所需要输出的扭矩值和对应产生的制动减速度。

3 结束语

目前自动挡汽车在没有离合器保护的情况下,误踩加速踏板很容易发生交通事故^[6]。因此车辆加速踏板防误踩系统作为车辆主动安全领域的一个重要研究领域^[7],对降低交通安全事故率有着重要意义。加速踏板防误踩系统的研究和开发对电动汽车驾驶

的安全性能及驾驶体验的提升具有重大意义,在工程上拥有广阔的应用前景,在汽车市场也具有强大的竞争力^[8-9]。

参考文献:

- [1] 梅哲文,李晓佳,王明环,等. 汽车油门防误踩紧急刹车装置[J]. 机械设计与制造, 2010(10):201-203.
- [2] 王猛,孙泽昌,卓桂荣,等. 电动汽车制动能量回收系统研究[J]. 农业机械学报,2012,43(2):6-10.
- [3] 谈凛,叶忻泉,叶盈余,等. 汽车油门防误踩系统设计[J]. 温州大学学报(自然科学版),2015(1):53-58.
- [4] 嘉兴学院. 汽车油门防误踩装置:201720272605.5[P]. 2018-02-02.
- [5] 陈中书. 纯电动四驱汽车结构设计与性能分析[D]. 合肥:安徽农业大学,2016.
- [6] 王明吉,牛贺,张勇. 汽车油门防误踩智能控制系统方案设计[J]. 电子设计工程,2017,25(4):56-58.
- [7] 魏丽. 汽车油门防误踩智能控制装置设计[J]. 微型电脑应用,2020,36(9):120-122.
- [8] 吉林工程技术师范学院. 一种智能油门防误踩自动制动系统:202010341642.3[P]. 2020-07-31.
- [9] 上海东方久乐汽车安全气囊有限公司. 一种大型卡车油门防误踩装置:201821875324.X[P]. 2020-01-21.

《客车技术与研究》征稿启事

《客车技术与研究》创刊于1979年,双月刊,是国内目前唯一公开发行的客车领域学术期刊。本刊由重庆市交通局主管,重庆交通科研设计院、重庆车辆检测研究院有限公司和中国公路学会客车分会主办,现已被国内外多家检索机构收录,包括中国核心期刊(遴选)数据库、万方数据——数字化期刊群、中国期刊全文数据库、中文科技期刊数据库、中国学术期刊综合评价数据库、JST 日本科学技术振兴机构数据库(日)(2018)等,是《CAJ-CD 规范》执行优秀期刊。在“中国知网”收录的与汽车相关的近70种学报和期刊中,本刊的复合影响因子位列前十,具有较高的学术影响力。

本刊主要刊登内容为国家科技政策及有关国内外客(汽)车技术等方面的学术论文,包括科研成果和实践经验,标准,新技术、新工艺及新材料,客车市场,客车检测,使用和维修,经营与管理等。欢迎相关领域的专家、学者赐稿。

本刊重点关注的研究方向:

- | | | |
|------------|-----------|----------|
| ◆智能网联客(汽)车 | ◆新能源客(汽)车 | ◆节能与排放 |
| ◆安全与碰撞 | ◆振动与噪声 | ◆新工艺与新材料 |
| ◆客(汽)车电子 | ◆设计与计算 | ◆标准解读 |

E-mail:btreq@163.com

Q Q:1711088150

微信公众号:客车技术与研究

网址(在线投稿):<http://www.bus-in.cmct.cn>(中交客车网)

地址、电话:重庆市高新区新金大道9号 023-62653044

