

doi:10.3969/j.issn.1673-3142.2016.09.012

基于人—车—环境的汽车主动安全技术综述

许利峰, 李栋

(710064 陕西省 西安市 长安大学 汽车学院)

[摘要] 汽车主动安全技术可以对车辆运动状态进行实时监测并在必要时进行干涉或预警, 预防事故的发生。对汽车主动安全技术发展现状进行了初步探讨, 并从人—车—环境闭环控制系统的角度对汽车主动安全技术构成进行了说明, 同时对汽车主动安全技术的发展趋势进行了分析。

[关键词] 主动安全; 技术构成; 发展趋势

[中图分类号] U461.91 [文献标志码] A [文章编号] 1673-3142(2016)09-0049-04

An Overview of Vehicle Active Safety Technology Based on Human-Vehicle-Environment

Xu Lifeng, Li Dong

(Chang'an University, Xi'an City, Shaanxi Province 710064, China)

[Abstract] Vehicle active safety systems can monitor the movement status of vehicle and intervene or alert driver if necessary in order to avoid accidents. Preliminary discussion on current situation of the automotive safety technologies development has been carried on. Patterns of active safety technologies are introduced based on the driver-vehicle-environment control loop and the trend of passive and active safety integration is presented briefly.

[Key words] active safety; patterns; trend

0 引言

汽车在人们的生产和生活中得到广泛应用的同时, 道路交通安全形势也愈加严峻, 造成道路交通事故频发。据统计, 每年有 120 万人死于交通事故, 2 千万~5 千万人受伤, 总损失占 GDP 的 1%~2%。为此, 对于驾驶人辅助系统等主动安全技术的研发, 减少驾驶员的误判机率预防交通事故的发生具有深远的现实意义。

1 汽车主动安全技术的发展现状

20 世纪 80 年代前, 汽车安全性的研发重点在安全带、安全座椅等被动安全设备上。后来人们意识到事故前对车辆运动状态进行实时监测, 并在必要时进行干涉或预警更具有现实意义。开始从提高车辆制动性能的角度来提高其主动安全性, 其中制动防抱死装置 (ABS) 有效抑制制动抱死导致的跑偏与侧滑事故, 保证了汽车的制动安全性。ABS 在 20 世纪 90 年代广泛普及, 随后迎来了电子制动系统 (EBS)、制动辅助系统 (BAS) 及驱动防滑系统 (ASR) 等相关主动安全系统, 多种安全系统集成化趋势初现。

随着电子技术、通信技术和传感技术的广泛应用, 汽车安全技术迎来日新月异的发展局面。1986 年, 奔驰汽车公司发起, 联合欧洲的 14 家汽车制造厂、70 多家零部件企业和 120 个大学制定普罗米修斯 (Prometheus) 计划, 在驾驶员、车辆、驾驶和交通环境及运输系统间建立必要的联系^[1], 从而实现车辆智能化。ASV 计划是日本运输省在 1991 年为了防止重大交通事故的发生, 成立由汽车产业界和学界组成的先进安全车推进检讨会, 开始了先进安全车 ASV (Advanced Safety Vehicle) 的研究计划, 为智能交通系统 ITS (Intelligent Traffic System) 的汽车做准备^[2]。

2 主动安全技术的构成

驾驶员驾车的过程是人、车和环境之间信息交流的过程, 构成人—车—环境信息流的闭环系统, 车辆性能的完善取决于闭环系统中三者相互作用的协调与各自特性的最佳匹配^[3]。对于三者的研究成为主动安全技术的主要内容, 具体分为底盘控制系统、驾驶人辅助系统和基于车联网的通讯系统等。图 1 为主动安全系统与闭环系统关系示意图。

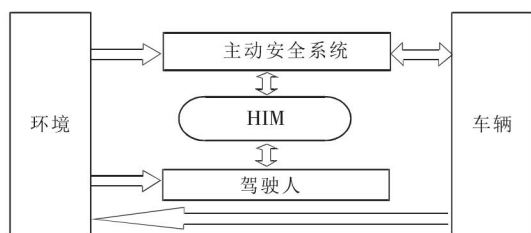
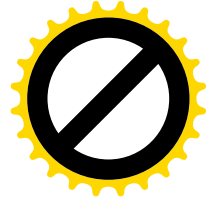


图1 主动安全系统与人—车—环境闭环系统关系示意图

Fig.1 Vehicle active safety systems in driver-vehicle—environment control loop

2.1 底盘控制系统

汽车底盘使汽车按照驾驶人的意图作加速、减速和转向运动。汽车底盘控制的原理是在给定的路面附着系数和车轮法向力下对车轮滑动(转)率和侧偏角进行控制,来间接调控轮胎的纵向力和侧向力,最大限度地利用轮胎和路面之间的附着力,提高汽车的主动安全性、机动性和舒适性^[4]。

汽车底盘控制系统按汽车的运动方向可以分为三类:纵向的制动和驱动控制、横向的转向和横摆力矩控制以及垂向的悬架控制^[5]。纵向控制主要通过改变轮胎纵向力实现制动或驱动控制,包括制动防抱死系统(ABS)、牵引力控制系统(TCS)、电子稳定性控制系统(ESC)等;横向控制主要通过改变轮胎的侧向力实现转向控制,包括四轮转向系统(4WS)、可变传动比系统(VGS)、主动前轮转向系统(AFS)等;垂向控制通过改变轮胎垂向力实现悬架调节,包括阻尼连续可调的半主动悬架系统(CDC)、主动悬架系统(ASS)、主动横向稳定杆(ARS)等。由于汽车各个方向的运动相互联系和影响,底盘各主动控制子系统集成控制已成为车辆主动安全控制领域的研究热点。

底盘集成控制是将现有的各子系统联合起来,使其协调各自的特性来优化控制结果。有两种ECU布置方式:一种是仅有一个中控ECU,另一种是每个子系统各有一个独立的ECU,各ECU之间通过信息交互协同控制^[6]。底盘集成在降低系统复杂性、消除各子系统冲突、实现信息共享和提高汽车综合性能方面的优越性使其在主动防侧翻等领域发挥重要作用。其中,统一底盘控制系统UCC(Unified Chassis Control System)集成ESC和AFS等底盘控制模块,在预防车辆侧翻的同时确保车辆保持良好的操纵性和横向稳定性。车速控制算法用来预防车辆翻转,侧滑控制算法提高操

纵性和横向稳定性^[7]。

2.2 驾驶人辅助系统

驾驶员是引发交通事故的首要因素。在行车过程中,车辆、驾驶人、环境三者相互作用,构成一个闭环系统,系统的输入为驾驶目标,输出是汽车的反应,驾驶员相当于系统的控制器^[8]。汽车行驶的安全性取决于道路交通环境的复杂性,同时也取决于这种复杂环境能否以“信息”的形式客观地显示出来,并为驾驶员所感受^[9]。基于这种需求出现了驾驶人辅助系统,包括汽车避撞系统、车道保持系统等。

2.2.1 汽车避撞系统

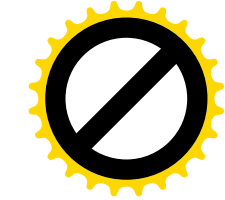
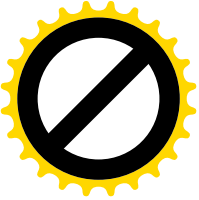
汽车避撞系统运用雷达、红外激光、超声波和机器视觉等多种传感器来监测汽车周围环境和行驶路径,同时采集车辆本身的速度、滑移率、加速度和不同控制元件(制动踏板等)的状态并评估驾驶人的注意力状况,将以上信息运用避撞算法进行处理,然后判断出对驾驶人进行预警或对车辆进行主动干预和控制的时机^[10]。汽车避撞系统根据从预警到控制和驾驶情景的不同具体分类如下:

(1) 行车前撞预警系统(Forward Collision Warning Systems, FCW)

行车前撞预警系统也被称为追尾碰撞预警系统,旨在提醒后方跟随车辆驾驶人前方即将到来的碰撞危险,从而减少追尾碰撞的次数和危害,并减轻人员和财产损失。目前市面上存在两种行车前撞预警系统:完全行车前撞预警系统(主要应用于乘用车)和制动能效行车前撞预警系统(主要应用于货车)。前者独立于自动巡航系统,当与前方车辆共同行驶在直线路段且存在碰撞风险时优先发出预警提醒后方驾驶人,一般用于可能出现重大碰撞事故的状况;后者与自动巡航系统相连,当货车赶上前方缓慢行驶的车辆并且自动巡航系统不能有效制动时发出碰撞警告,此时预警信号提醒驾驶人采取制动等合理的应对措施来避免或减轻碰撞事故^[11-12]。

(2) 汽车转向避撞辅助(Steering and Evasion Assist)

目前,国内外汽车主动避撞的研究绝大多数集中在避撞系统的纵向控制^[13],对于横向控制方面的研究较少。紧急制动系统可以减轻甚至阻止碰撞的发生,但是当障碍物突然出现或者即使以



最大强度制动仍然不能避免碰撞等状况下, 驾驶人的反应不足以避免碰撞事故的发生, 转向干预不失为一个新的避撞选择。此时的紧急避撞行为可视为一个自动干预的过程, 通过传感器探测障碍物位置, 采集车辆周围环境信息并据此计算避撞轨迹, 然后车辆在横向引导控制器的作用下沿预定避撞轨迹规避障碍物而不需要驾驶人的协助^[14]。

(3) 自适应巡航控制系统 (Adaptive Cruise Control, ACC)

汽车自适应巡航控制系统(ACC)是在传统巡航控制系统(CCC)基础上发展起来的, 除了可以定速巡航外, 当交通环境的变化使得车辆变速行驶时, ACC 系统应用车载传感器信息自动调整车速, 保持与前车的安全距离。在适当的交通工况下部分地取代驾驶员对车辆进行合理的纵向控制, 以提高车辆的主动安全性与乘坐舒适性^[15-16]。

(4) 泊车辅助系统(Parking Assist)

汽车的外形大都被设计成近似楔形的结构以减轻空气阻力降低燃油消耗, 这种楔形结构在车辆行驶时会对驾驶员的视野产生极大的限制, 从而影响其对障碍物的判断。20 世纪末期, 基于超声波的泊车辅助系统被引入欧洲市场, 这类系统监测车辆的前部和后部来探测停车区域的尺寸, 当存在引起碰撞风险的障碍物时提醒驾驶人。近年来, 基于传感器技术的半自动泊车辅助系统已经在部分车型上得到了应用, 该辅助系统可以在驾驶人控制车辆的纵向运动的同时, 通过自动转向将车辆驶入平行的停车位置。

2.2.2 车道保持系统(Lane Keeping System)

由于驾驶人的注意力分散、疾病或疲劳而引起的无意识车道偏离是大部分交通事故尤其是重大交通事故的成因^[17]。为了避免此类事故, 将提高车辆行驶安全性和长途行驶的舒适性结合起来的车道保持系统应运而生。

车道保持系统根据主动和被动分为车道保持辅助系统和车道偏离预警系统。前者不依赖于驾驶人, 而是直接控制车辆运动方向来保持安全行驶。与全自动驾驶相比, 这种辅助系统中, 驾驶人仍然具有对于车辆的优先控制权^[18]。文献[19]中提出了一类车道保持辅助系统, 应用车上现有的 ABS 系统等硬件, 当车辆一侧制动时, 另一侧车轮仍然转动, 通过这种差速制动引起的侧偏运动来回正车

辆, 同时驾驶人对于车辆转向的操纵性能不受影响。文献[20]提出了一种车辆四周分布“虚拟减震器”的设想来应对横向和纵向的障碍物。车道偏离预警系统通过声音或振动提醒驾驶人即将出现的车道偏离, 这种系统依赖于驾驶人对于预警采取应对措施而不能主动地对车辆进行控制^[21-22]。以上两种车道保持系统都需要传感技术来确定车辆在道路上所处的位置, 通过视觉技术分辨道路标志标线来确定车辆的位置和方向。

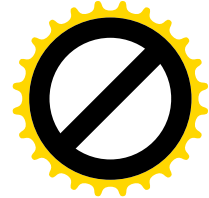
2.3 基于车联网的通讯系统

基于车联网的通讯系统是一种包括车-车互联(V2V)和车-设施互联(V2I 和 I2V)无线通讯的智能协同系统, 旨在增加驾驶人与环境的交互能力, 并且改善交通状况和道路安全性。除了提供双向通讯(V2V、V2I 和 I2V)以外, 还为多种应用和服务的集成提供开放的平台^[23], 是物联网在智能交通系统 ITS 领域的延伸。其中, 车-车互联(V2V)和车-设施互联(V2I 和 I2V)都采用专用的短距离通讯 DSRC 作为媒介, 由于车-车互联(V2V)通讯有权采取 Ad-hoc 网与其他车辆联系, 故又被称作车辆 Ad-hoc 网络。

在欧洲, 车联网通讯系统主要基于三种类型信息的交换: 环境认知信息 CAMs、分散式环境通知信息 DENMs 和服务声明信息 SAMs。CAMs 由控制频道上的所有车辆和设施单元定期传播以提供和接收短距离邻近节点的位置和状态信息。DENMs 对于事件驱动的应用提供支持, 用来将特殊事件(某车辆的紧急制动等)告知周围的车辆, 包括事件的属性、严重性和位置信息。通常一旦检测到一起事件, 车辆或设施单元立刻会广播一条分散式环境通知信息给事件相关区域的邻近节点, 并会在整个事件期间重复播出。SAMs 也会由控制频道上的所有车辆和设施传播, 旨在声明服务频道上的各项服务的有效性。在美国, 这三类信息的功能主要被车辆环境无线准入的短信息和服务广告实现^[24]。

3 总结

主动安全技术可以在事故发生前及时监测并排除不安全因素, 对驾驶人的行为进行预警或干预, 确保行车安全。尽管主动安全技术有着优越的特性, 但是也不能完全取代被动安全装置。并且由于主被动技术的独立性, 使得传感器等的功能重



复,增加了系统的复杂性和成本。因此,主被动安全技术的集成已经成为未来汽车安全技术研发的重点,在此基础上结合 ITS 智能交通系统技术,汽车安全技术进入了汽车一体化安全的新阶段。

参考文献

- [1] 石坚.人-车-路综合环境下主动安全性模拟系统的研究[D].上海:上海交通大学,2000.
- [2] 尤强.面向汽车主动安全的驾驶行为研究[D].天津:天津大学,2012.2
- [3] 黄宁军.质变中的汽车主动安全技术[J].世界汽车,2000(5):1-3.
- [4] 陈祯福.汽车底盘控制技术的现状和发展趋势[J].汽车工程,2006,28(2):105-113.
- [5] 姜炜,余卓平,张立军.汽车底盘集成控制综述[J].汽车工程,2007,29(5):420-425.
- [6] Yasuji S. Progress and future direction of chassis control technology [J]. Annual Reviews in Control ,2005(29):151-158.
- [7] Jangyeol Y, Wanki C, Juyong K, et al. Design and evaluation of a unified chassis control system for rollover prevention and vehicle stability improvement on a virtual test track [J]. Control Engineering Practice,2010(18):585-597.
- [8] 廖传锦,秦小虎,黄席樾.以人为中心的汽车主动安全技术综述[J].计算机仿真,2004,(09):152-156.
- [9] 袁伟,付锐,郭应时.城市道路环境中驾驶员眼动行为特征[J].交通信息与安全,2013,31(1):117-122.
- [10] McLaughlin S B, Hankey J M, Dingus T A. A method for evaluating collision avoidance system using naturalistic driving data [J]. Accident Analysis and Prevention,2008(40):8-16.
- [11] Wege C, Will S, Victor T. Eye movement and brake reactions to real world brake-capacity forward collision warnings—a naturalistic driving study [J]. Accident Analysis and Prevention, 2013(58):259-270.
- [12] Bakowski D L, Davis S T, Moroney W F. Reaction time and glance behavior of visually distracted drivers to an imminent forward collision as a function of training, Auditory Warning, and Gender [J]. Procedia Manufacturing,2015(3):3238-3245.
- [13] 宋晓琳,冯广刚,杨济匡.汽车主动防撞系统的发展现状及趋势[J].汽车工程,2008,30(4):285-290.
- [14] Isermann R, Mannale R, Schmitt K. Collision-avoidance systems PRORETA: Situation analysis and intervention control [J]. Control Engineering Practice, 2012(20):1236-1246.
- [15] Bifulco G N, Pariota L, Simonelli F, et al. Development and testing of a fully adaptive cruise control system [J]. Transportation Research Part C,2013(29):156-170.
- [16] 王景武,金立生.车辆自适应巡航控制系统控制技术的发展[J].汽车技术,2004(7):1-3.
- [17] National Highway Traffic Safety Administration. Traffic safety facts 2005[R],2006.
- [18] Lu G, Tomizuka M. Vehicle following as backup control schemes for magnet-magnetometer-based lateral guidance [J]. IEEE Transaction on Control Systems Technology,2005,13(2):274-285.
- [19] LeBlance D J, Venhovens P J, Lin C F, et al. Warning and intervention system to prevent road departure accidents [J]. Vehicle System Dynamics,1996(25):383-396.
- [20] Hennessey M P, Shankwitz C, Donath M. Sensor-based virtual bumpers for collision avoidance[R]. Configuration Issues, 1995(2592):48-59.
- [21] Sato K, Goto T, Kubota Y, et al. A study on a lane departure warning system using a steering torque as a warning signal [C]. In Proceedings of The International Symposium on Advanced Vehicle Control,1998:479-484.
- [22] Suzuki K. Analysis of drivers steering behavior during auditory or haptic warnings in lane departure situations [C]. In Proceedings of The International Symposium on Advanced Vehicle Control, 2002:243-248.
- [23] Farah H, Koutsopoulos H N, Saifuzzaman M, et al. Evaluation of the effect of cooperative infrastructure-to-vehicle systems on driver behavior [J]. Transportation Research Part C,2012(21):42-56.
- [24] Sepulcre M, Gozalvez J, Hernandez J. Cooperative vehicle-to-vehicle active safety testing under challenging conditions [J]. Transportation Research Part C,2013(26):233-255.

作者简介 许利峰(1993—),女,长安大学汽车学院硕士研究生,车辆工程专业。E-mail:xlfcdedu@163.com

河南创新智能制造 农业机器人脱颖而出

2016年8月10日,河南省首届智能制造(工业4.0)创新创业大赛在荥阳市举行,河南林业职业学院的农机自主作业智能控制系统项目,获得“应用与产品类”一等奖。

河南林业职业学院讲师刘斌介绍:“我们研发的矮化密植果林多功能机器人,能实现5 km

远距离遥控,实时图像传输。在林间进行施肥、除草、灌溉、旋耕、打药等模块化作业时,通过卫星定位,行走自如,误差 ≤ 2 cm,实现了人机分离,不但减少了劳动强度,还减少了矮化密植果林对果农的伤害。”