

文章编号: 2095-2163(2023)02-0200-04

中图分类号: TP273

文献标志码: A

# 智能网联重卡的前向碰撞预警方案设计

张倩倩<sup>1</sup>, 郭志培<sup>2</sup>

(1 山西工程职业学院 计算机工程系, 太原 030009; 2 江铃重型汽车有限公司 技术中心, 太原 030032)

**摘要:** 前向碰撞预警系统已经成为重卡车型的标准配置, JT/T 1178.2-2019《营运货车安全技术条件》规定, 牵引车辆和总质量大于18 000 kg且最高车速大于90 km/h的载货车应具备车道偏离报警功能和车辆前向碰撞预警功能。本文提出了一种智能网联重卡的前碰撞预警方案, 将前视摄像头和77 G毫米波雷达结合采集到的两种不同数据进行融合, 实现前碰撞预警功能, 该方案通过了实车场地测试和道路测试。测试结果表明该方案可以有效提升行驶的安全性。

**关键词:** 智能网联; 重卡; 前向碰撞预警; 场地测试; 道路测试

## Analysis of forward collision warning scheme of intelligent network heavy truck

ZHANG Qianqian<sup>1</sup>, GUO Zhipei<sup>2</sup>

(1 Department of Computer Engineering, Shanxi Vocational College of Engineering, Taiyuan 030009, China;

2 JMC Heavy Duty Vehicle CO., LTD. Technology center, Taiyuan 030032, China)

**【Abstract】** Forward collision warning system has become the standard configuration of heavy trucks. JT/T 1178.2-2019 "Technical Conditions for the Safety of Trucks in Operation" stipulates that traction vehicles and trucks with a total mass greater than 18 000 kg and a maximum speed greater than 90 km/h should have lane departure alarm function and forward collision warning function. This paper proposes a forward collision warning scheme of intelligent network heavy truck, which combines the two different data collected by the forward-looking camera and 77 G millimeter wave radar to realize the forward collision warning function. The scheme has passed the real vehicle site test and road test. The test results show that the scheme can effectively improve the safety of driving.

**【Key words】** intelligent network; truck; forward collision warning; site test; road test

## 0 引言

随着经济的不断发展, 道路上的车辆越来越多, 车辆发生事故的频率也不断增加, 人们对汽车的安全也越来越重视。汽车安全技术已经被整车厂和零部件供应商广泛地应用。汽车安全技术分为主动安全技术和被动安全技术<sup>[1]</sup>。汽车被动安全主要是指交通事故发生后, 能最大限度减少驾乘人员伤害的安全装配, 主要包括安全带、安全气囊等。主动安全是尽量自如的操纵控制汽车的安全系统措施, 比如前碰撞预警功能(Forward Collision Warning, 简称FCW)和自动紧急制动功能(Automatic emergency braking function, 简称AEB)等。

前向碰撞预警系统是通过摄像头、雷达等传感器实时感知车辆前方的物体, 检测车辆与目标之间的距离并警示驾驶员的一种系统<sup>[2]</sup>。前向碰撞预警系统可以分为两种, 一种基于毫米波雷达、激光雷

达、摄像头等传统传感器, 感知并获取前方车辆信息; 另一种通过车车(Vehicle-to-Vehicle, V2V)通信实现车辆间运动、轨迹信息交互<sup>[3]</sup>。基于目前的基础设施建设程度以及通信协议的差异, 实现FCW的功能一般是采用传感器感知获取前方车辆信息并预警的方案。汽车前向碰撞预警系统由环境感知传感器、决策控制器和执行器3部分组成<sup>[4]</sup>。

作为物流运输的中坚力量, 重卡大部分时间行驶在高速公路和国道省道上, 相对城市内部道路场景而言, 其交通场景比较简单。面对物流运输时效性的要求, 司机在行驶过程中容易出现疲劳驾驶的现象。在车辆即将发生碰撞时, FCW通过声音、视觉或者触觉有效地提醒驾驶员, 及时地采取制动等有效措施, 避免或者降低车辆碰撞带来的损害。

## 1 前向碰撞预警系统功能简介

前向碰撞报警FCW的功能是当检测并判断到

作者简介: 张倩倩(1989-), 女, 硕士, 中级工程师, 主要研究方向: 人工智能、智能控制、汽车电子电器。

通讯作者: 张倩倩 Email: 289314426@qq.com

收稿日期: 2022-04-21

车辆与前方同向行驶车辆存在碰撞可能性时, 给驾驶员提供警告。前方同向行驶的车辆包含 3 种情况: 前方车辆静止, 前方车辆以低于本车的速度行驶或者车辆正在制动。FCW 可以降低追尾碰撞的发生率, 并在追尾碰撞发生之前提醒驾驶员做出反应,

减轻事故严重程度。

FCW 功能是通过传感器的感知和控制器的决策来实现的。常见的传感器有激光雷达、摄像头、毫米波雷达、超声波雷达等, 这 4 种传感器对比见表 1。

表 1 各种传感器的性能对比

Tab. 1 Performance comparison of various sensors

传感器	最远距离	探测项	特性
激光雷达	200 m	行人车辆	精度较高, 可测量绝大部分物体, 成本高
摄像头	80 m	行人车辆	对目标物体准确识别和分类, 受环境影响较大
毫米波雷达	200 m	车辆	性价比较高, 受环境影响小, 行人探测识别度低
超声波雷达	10 m	行人车辆	低成本, 可用于泊车等场景; 距离短, 受环境干扰大

不同传感器获得的数据可以相互融合, 增加或增强现有的系统功能。基于多传感器信息融合的防碰撞预警系统根据多传感器接收到的车辆前方目标信息和本车的状态信息, 利用多源信息融合技术, 识别出本车前方车辆的距离和速度等状态信息, 进行碰撞危险估计。从反应时间、距离、速度 3 个角度优化控制, 可减少驾驶员的负担和错误判断, 对于提高交通安全性起到了至关重要的作用, 是实现汽车自动驾驶的基础。

FCW 系统对道路没有特殊要求, 在高速路、城市、国道、隧道、匝道、桥梁道路的直路和弯道上均可以工作, 可以识别所有取得牌照、合法上路行驶的车辆和身高在 0.8 m 以上的行人。

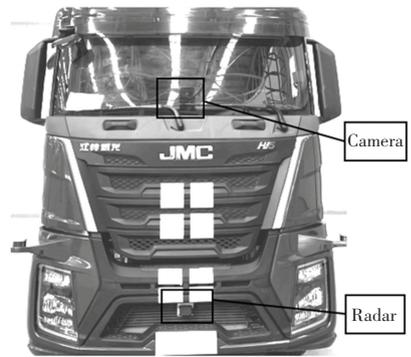


图 1 摄像头和雷达实车布置

Fig. 1 Camera and radar layout

表 2 FCW 系统的工作条件

Tab. 2 FCW system working conditions

项目	设定值
起效车速的范围	15-120 km/h
最大的失效车速	125 km/h
最小的失效车速	12 km/h
最小的转弯半径	250 m

## 2 重卡 FCW 系统方案

基于各种传感器的特性, 同时兼顾整车的成本控制, 目前智能网联商用车采用的是前视摄像头和 77 G 毫米波雷达结合, 实现 FCW 的功能。智能网联商用车驾驶室位置比较高, 摄像头布置在前挡风玻璃中间, 距离地面的高度 2 m 以上, 摄像头的盲区较大, 因此需要在车辆下方同时布置毫米波雷达。摄像头 (camera) + 毫米波雷达 (redar) 的实车布置方案如图 1 所示。

FCW 系统的主要功能是在本车与行驶路径上最近前车存在潜在碰撞危险的情况下向驾驶员发出报警。该功能主要是依据本车到前方车辆的距离、前方车辆相对于本车的相对速度、前方车辆是否在本车行驶路径上三方面的信息实现的。

将摄像头和雷达两种传感器采集到的两种不同数据进行融合, 能够有效地改善车辆的性能。雷达将识别到的目标信息通过控制器局域网 (Controller Area Network, CAN) 总线发送给摄像头, 摄像头完成数据的融合处理后, 再通过 CAN 总线将相关的信息传输给仪表, 最后通过仪表的显示, 提醒驾驶员。

FCW 系统的功能通过相关的检测和输入信号共同实现的, 摄像头和雷达检测出前方运动的车辆, 由摄像头完成最终的检测信号融合和相关逻辑的判断, 将相关的报警信息输出。FCW 系统的功能实现示意图如图 2 所示。

FCW 功能实现的前提是车辆需要具备一定的车速条件, 当车辆偏离起效车速的范围, 该功能停止工作, FCW 系统的工作条件见表 2。

FCW 开关和灵敏度选择开关均采用触屏按键的软开关, 触屏按键配置于整车车机系统显示屏上, 且默认为开启状态。整车系统接收信号并将此信号发送到 CAN 总线, 摄像头从 CAN 总线接收 FCW 开

关信号和灵敏度信号。FCW 系统原理框图如图 3 所示,摄像头接收和发送的信号为部分信号。

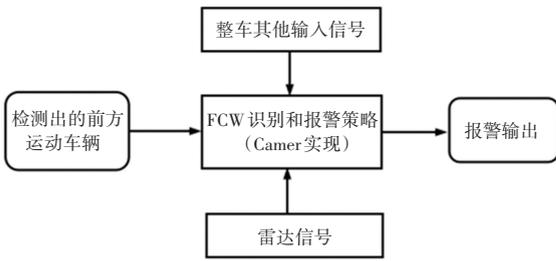


图 2 FCW 功能实现示意图

Fig. 2 FCW function realization diagram

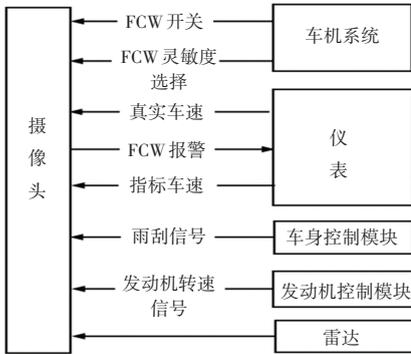


图 3 FCW 系统原理框图

Fig. 3 FCW system schematic block diagram

FCW 系统采用两级报警策略,对应的碰撞时间标定参数(Time To Collision, TTC)不同。第 1 级报警采用黄色指示灯,5 Hz 的闪烁频率,第 1 级报警时间内驾驶员没有采取制动等动作会触发第 2 级报警;第 2 级报警采用红色的指示灯,频率更高,再次提醒驾驶员。

### 3 FCW 功能测试

据统计,典型驾驶员感知-反应时间范围为 0.9~2.1 s,95%的驾驶员感知反应时间为 1.6 s<sup>[5-6]</sup>。测试包括静态测试、场地测试和道路测试。其中静态测试是对 FCW 系统相关的外观、信号、状态的检查,本文只详述场地测试和道路测试。

#### 3.1 FCW 功能的场地测试

FCW 功能的场地测试要求在封闭区域内进行,且该封闭区域内有测试标准中要求的车道线。场地测试按照 JT/T 883 营运车辆行驶危险预警系统技术要求和试验方法进行。测试中使用 VN1630 设备监控被测车辆的 CAN 总线,使用软件中的窗口进行动态监控。车速 93 km/h,触发 FCW 一级报警的动态监控图如图 4 所示。

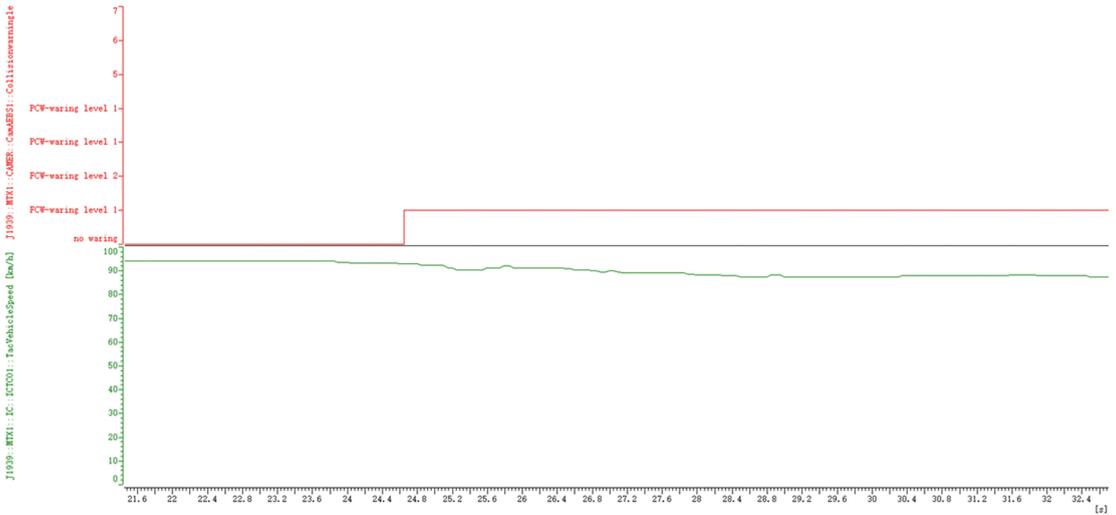


图 4 FCW 一级报警的动态监控图

Fig. 4 Dynamic monitoring diagram of FCW at level one alarm

FCW 功能的场地测试 TTC 统计如图 5 所示,FCWA\_TTCSet 为 EQ 设定的 A 级报警碰撞时间,FCWB\_TTCSet 为 EQ 设定的 B 级报警碰撞时间,FCWTTCA\_EQ 表示 A 级报警时 EQ 计算的碰撞时间,FCWTTCB\_EQ 表示 B 级报警时 EQ 计算的碰撞时间,FCWTTCA\_GT 表示 A 级报警时地面实况计算

的碰撞时间,FCWTTCB\_GT 表示 B 级报警时地面实况计算的碰撞时间。

由图 5 报警 TTC 分布可知,FCW 报警发出时 TTC 多数分布在阈值±12%范围内;试验中未出现漏报警、误报警情况,FCW 系统报警情况总体符合预期设计。

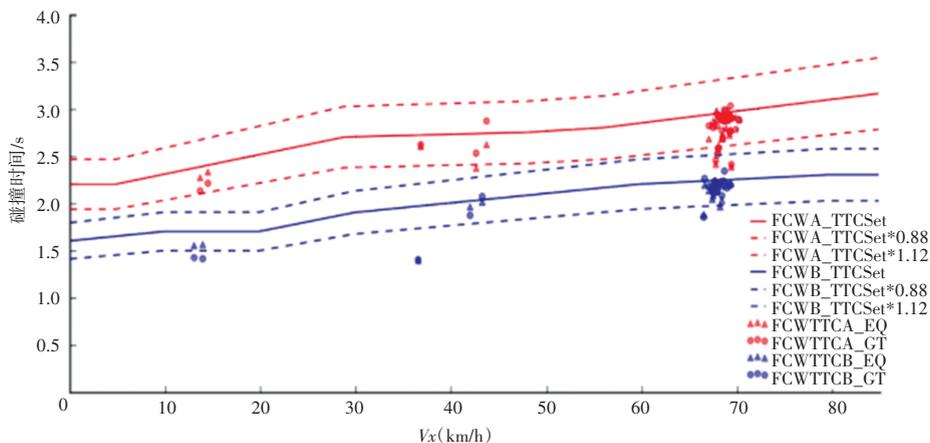


图5 场地测试 TTC 统计

Fig. 5 Site test TTC statistics

### 3.2 FCW 功能的道路测试

FCW 功能的道路测试的 TTC 统计图如图 6 所示,路试里程 3 010 km,持续时间 55.26 h。

图 6 中 FCWTTCA\_EQ、FCWTTCB\_EQ 分别为 A、B 级报警时刻 EQ 计算的 TTC 值;FCWTTCA\_GT、FCWTTCB\_GT 分别为报警时刻由雷达测量数据计算的真正 TTC 值;红、蓝色实线分别为 FCW 各级报警的 TTCSet,实线上下的两条虚线为允许的报警

TTC 范围 ( $\pm 12\%$ ),即报警时 TTC 位于对应的 TTCSet $\pm 12\%$ 的范围内可认为正常报警。由图 6 可见,本次路试共触发 4 次报警,均为 1 级报警,4 次 FCW 报警事件的报警时机 TTC 均分布于允许的报警范围内。没有发生漏报警、误报警等严重影响系统性能的正常报警,异常报警频度满足产品设计要求 ( $\leq 1$  次/300 km)。

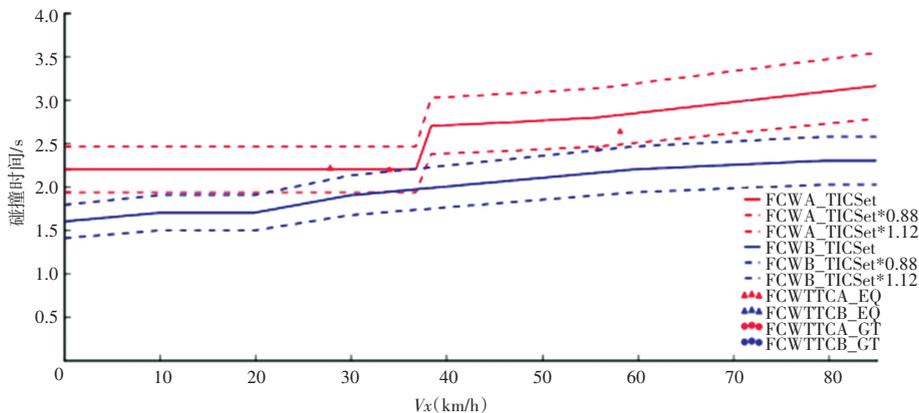


图6 道路测试 TTC 统计

Fig. 6 Road test TTC statistics

## 4 结束语

从 FCW 系统的方案和测试结果来看,FCW 功能在智能网联重卡上有良好的表现。随着法规的强制要求,FCW 功能已成为牵引车和车速大于 90 km/h、载重大于 18 吨的载货车的标准配置,能够有效地降低事故发生的概率。FCW 是智能驾驶辅助系统中一项重要技术,随着智能驾驶辅助技术的不断发展,重卡的自动驾驶等级会越来越高并最终发展为无人驾驶卡车。不仅可以 让驾驶员体验到智能卡车的安全性、舒适性和便利性,而且可以降低或避免交通事故的发生,节约油耗进而降低物流运输的成本。

## 参考文献

- [1] 王艺颖. 汽车主动安全技术现状及发展趋势综述[J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2020, 32(3): 44-49.
- [2] 惠飞,邢美华,郭静,等. 基于车车通信的前向碰撞预警策略[J]. 计算机应用, 2021, 41(2): 498-503.
- [3] 郑望晓,刘建平,郑阳,等. 前向碰撞预警系统报警策略分析[J]. 汽车实用技术, 2019(2): 139-142.
- [4] 程增木. 智能网联汽车前方防碰撞辅助系统的设计[J]. 汽车维修与保养, 2021(8): 52-54.
- [5] Special Investigation Report: Vehicle and Infrastructure - Based Technology for Prevention of Rear-End Collision, No. PB2001-917003 [R]. Washington D.C. 2001: 27.
- [6] 朱龙,周旋,孟祥虎. 汽车前碰撞预警系统测试法规的对比解析[J]. 汽车电器, 2020(2): 56-58.