

基于 JT/T 1242—2019 的 AEB 测试研究

黄超智, 龙军, 周金应, 李可

(中国汽车工程研究院股份有限公司, 重庆 401122)

摘要: 自动紧急制动(AEB)系统对于车辆的主动安全具有重要意义。文中介绍国内外标准法规对于 AEB 系统的配置要求, 分析 AEB 的工作原理, 研究 JT/T 1242—2019 规定的典型测试场景, 并搭建 AEB 测试系统及测试场景对某客车进行 AEB 道路性能测试。结果表明, 该车辆搭载的 AEB 系统满足 JT/T 1242—2019 的限值要求。

关键词: 汽车; 自动紧急制动(AEB); JT/T 1242—2019; 性能测试

中图分类号: U467.3

文献标志码: A

文章编号: 1671—2668(2020)03—0001—06

随着居民生活水平的日益提高, 汽车保有量不断提升, 道路交通量快速增长, 特别是高速公路交通量持续高位运行, 造成交通事故频发, 给社会带来巨大经济损失和人员伤亡。为降低交通事故发生的可能性, 越来越多的主动安全系统在汽车上推广应用, 自动紧急制动(Autonomous Emergency Braking, AEB)系统便是其中之一。欧盟新车安全评鉴协会 Euro NCAP 的研究结果表明, AEB 能有效避免 27% 的碰撞事故。

1 AEB 标准法规要求

汽车安全要求的日益严格, 使 AEB 逐渐成为汽车标配。欧盟商用车自 2013 年 11 月起必须按照法规要求装配 AEB 系统, Euro NCAP 于 2014 年正式将 AEB 纳入新车安全评价加分项中。

中国 GB 7258—2017《机动车运行安全技术条件》要求车长大于 11 m 的公路客车和旅游客车装备符合标准规定的车道保持辅助系统和 AEB 系统, 该条款自 2021 年 1 月 1 日起对所有新定型车辆实施。为进一步提升营运车辆的安全技术水平, 交通运输部于 2016 年 12 月 30 日发布 JT/T 1094—2016《营运客车安全技术条件》, 要求车长大于 9 m 的营运客车装备符合 JT/T 883 规定的车道偏离预警系统(LDWS)和自动紧急制动系统(AEBS), 该条款对于 AEBS 的要求于 2019 年 4 月 1 日起开始对所有新生产车型实施。2018 年 2 月 26 日发布的 JT/T 1178.1—2018《营运货车安全技术条件 第 1 部分: 载货汽车》规定, 总质量大于或等于 12 000 kg 且最高车速大于 90 km/h 的载货汽车应安装 AEBS, 该条款将于 2021 年 5 月 1 日起实施。2019

年 3 月 15 日发布的 JT/T 1178.2—2019《营运货车安全技术条件 第 2 部分: 牵引车辆与挂车》规定, 最高车速大于或等于 90 km/h 的牵引车辆应安装 AEBS, AEBS 的性能应符合 JT/T 1242—2019《营运车辆自动紧急制动性能要求和测试规程》的规定, 该条款将于 2021 年 5 月 1 日起实施。

交通运输部于 2019 年 4 月 1 日开始实施 JT/T 1242—2019, 目前营运车辆 AEB 测试均按该标准执行。该文针对 JT/T 1242—2019 规定的测试工况构建 AEB 测试系统并开展实车测试, 为后续相关测试的开展及标准完善提供借鉴。

2 AEB 原理概述

AEB 是一种通过自动制动来避免或缓解碰撞的主动安全技术, 主要由测距、数据分析和执行机构三大模块构成。其中: 测距模块主要用于获取周边交通状况, 包含单/双目摄像头、毫米波雷达、激光雷达等多种传感器; 数据分析模块根据传感器获取的数据实时判断与前方车辆或行人发生碰撞的可能性, 计算距离小于等于报警距离时通过声音、图像等对驾驶员发出报警提示, 计算距离小于安全距离时自动采取刹车制动。

如图 1 所示, AEB 系统在 t_0 时刻感知到前方目标; 车辆行驶到 t_1 时刻, 如果驾驶员未进行较强制动, AEB 系统将发出声光报警信号, 并预先填充制动系统; t_2 时刻, 如果驾驶员仍未进行紧急制动或避让, AEB 系统将限制发动机扭矩进行短时紧急制动, 目的是给驾驶员进行触觉报警; t_3 时刻, 如果驾驶员仍未采取避免碰撞措施, AEB 系统计算出碰撞危险程度已达到临界制动点, 系统会自动全力制动

以避免或缓解碰撞。

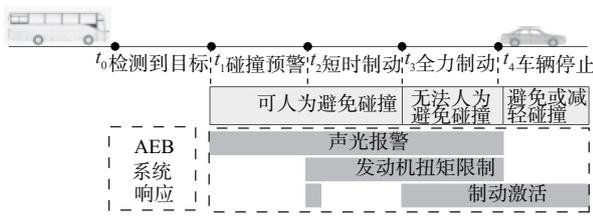


图1 AEB系统的工作过程

3 典型 AEB 道路测试工况及评价方法

JT/T 1242—2019 中规定了目标检测距离、目标检测宽度、目标车辆静止、目标车辆移动、弯道横向目标识别、误响应、行人和车路通信 8 种道路测试工况,各工况的评价指标见表 1。

表 1 AEB 道路测试主要评价指标要求

测试名称	一级预警时间/s	二级预警时间/s	预警阶段速度减小量/(km·h ⁻¹)	预警开始时的 TTC/s	紧急制动开始时的 TTC/s	紧急制动被测车辆速度减小量/(km·h ⁻¹)	其他要求
目标检测距离	—	—	—	—	—	—	最小检测距离≤2 m; 最大检测距离≥150 m
目标检测宽度	—	—	—	—	—	—	最小检测距离≤2 m; 最大检测距离≥150 m
目标车辆静止	≥1.4	≥0.8	≤max(15,总减速量的 30%)	≤4.4	≤3	≥30(车速 80); 不碰撞(车速 40)	—
目标车辆移动	≥1.4	≥0.8	≤max(15,总减速量的 30%)	≤4.4	≤3	不碰撞	—
弯道横向目标识别	≥1.4	≥0.8	—	≤4.4	—	—	被测车辆超过相邻车道前车时 AEB 不预警且不制动;被测车辆与目标车辆碰撞前预警
误响应	≥1.4	≥0.8	—	—	—	—	不预警且不制动
行人	≥1.4	≥0.8	≤max(15,总减速量的 30%)	≤4.4	≤3	≥20	—
车路通信	—	—	—	2.7~4.4	—	—	—

注: TTC 为被测车辆与目标障碍物在 t 时刻发生碰撞所需时间, $TTC = \text{车间距离} / (\text{被测车辆速度} - \text{目标车辆速度})$; 紧急制动阶段为被测车辆以至少 4 m/s^2 的减速度开始减速的阶段。

开始,距离小于 150 m 时测试结束。

3.3 目标车辆静止测试

目标车辆静止且与被测车辆方向一致,被测车辆分别以 40 和 80 km/h 的速度行驶,距离目标车辆 150 m 时开始测试,车速误差保持在 $\pm 2 \text{ km/h}$,被测车辆与目标车辆的中心线偏差不超过被测车辆

3.1 目标检测距离测试

目标车辆静止且与被测车辆方向一致,被测车辆距离目标车辆 200 m 时开始测试,测试中被测车辆与目标车辆的中心线偏差不超过被测车辆宽度的 $\pm 20\%$ 。被测车辆与目标车辆发生碰撞或与目标车辆距离小于 2 m 且无法探测到目标车辆时,结束测试。

3.2 目标检测宽度测试

目标车辆静止且与被测车辆方向一致,被测车辆位于车道中心线,被测车辆与车道中心线偏差不超过被测车辆宽度的 $\pm 20\%$ 。左侧检测宽度测试时,目标车辆左侧车辆压被测车辆左侧车道线;右侧检测宽度测试时,目标车辆右侧车辆压被测车辆右侧车道线。被测车辆距离目标车辆 200 m 时测试

宽度的 $\pm 20\%$ 。被测车辆与目标车辆发生碰撞或避免碰撞时,结束测试。

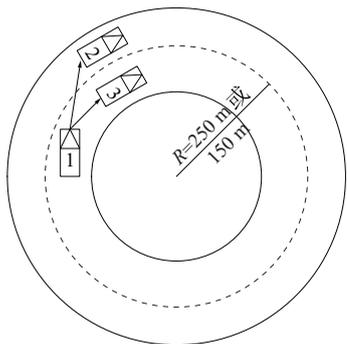
3.4 目标车辆移动测试

目标车辆静止且与被测车辆方向一致,被测车辆和目标车辆分别以 80 和 12 km/h 的速度沿车道中心线直线行驶。被测车辆距离目标车辆 150 m

时开始测试,被测车辆和目标车辆的速度误差均保持在±2 km/h,被测车辆与目标车辆的中心线偏差不得超过被测车辆宽度的±20%。

3.5 弯道横向目标识别测试

测试道路为曲率半径为 250 或 150 m 的弯道。曲率半径为 250 m 时,被测车辆、相邻车道前车和目标车辆均以大于等于 50 km/h 的速度同方向行驶;曲率半径为 150 m 时,被测车辆、相邻车道前车和目标车辆均以大于等于 40 km/h 的速度同方向行驶。被测车辆和目标车辆在同车道行驶,相邻车道前车在目标车辆外侧车道行驶,车间距离不会触发预警。开始测试后,相邻车道前车将速度降至 25 km/h 以下,被测车辆超过相邻车道前车时 AEBS 不应预警且不发生制动。然后目标车辆将速度降至被测车辆发生碰撞预警的速度,测试结束。测试开始前,3 台车辆的速度误差至少 2 s 保持在±3 km/h;测试开始到结束,被测车辆的速度误差保持在±3 km/h(见图 2)。



1为被测车辆;2为相邻车道前车;3为目标车辆。

图 2 弯道横向目标识别测试示意图

3.6 误响应测试

被测车辆以 50 km/h 的速度匀速行驶至少 60 m 后穿过 2 辆静止的前车。2 辆前车车头方向与被测车辆一致,车身间距为 4.5 m,车辆尾部处于同一平面。被测车辆的速度允许误差为±2 km/h,2 辆静止前车的横向和纵向距离允许误差均为±0.1 m。

3.7 行人测试

测试开始时,被测车辆沿预定车道中心线(B-B)加速至 60 km/h 并稳定车速,同时控制行人从被测车辆车道中心线左侧 6 m 处沿 A-A 路径运动,行人的加速距离 F 为 1.5 m。被测车辆与行人的碰撞点为 L,行人距离 L 点 4.5 m 时应达到 8 km/h 的目标速度。如果被测车辆 AEBS 自动制动或产生

碰撞,则结束测试(见图 3)。

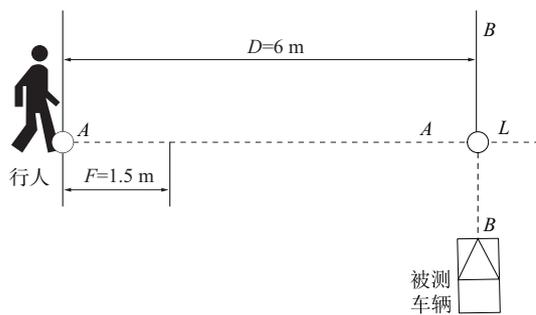


图 3 行人测试示意图

3.8 车路通信测试

测试道路路侧单元以 10 次/s 的频率广播发送障碍物状态信息,被测车辆以 72 km/h 的速度匀速行驶,距离模拟地理位置至少 150 m 时开始测试。测试过程中,被测车辆的速度误差保持在±2 km/h,被测车辆的中心线偏差不超过被测车辆宽度的±20%。

4 AEB 测试系统及测试场景构建

4.1 AEB 测试系统构建

AEB 测试系统测量被测车辆和目标车辆的速度、减速度、相对距离等参数,具有较高的精度要求。为保证测试的可靠性和重复性,采用专业的测试设备进行测试。目前国内 AEB 测试主要通过 VBOX 系统或驾驶机器人系统完成,VBOX 系统安装及操作相对简单,但无法进行行人测试。为提高测试效率,除行人测试采用驾驶机器人系统外,其他测试均采用 VBOX 系统。

VBOX 测试系统主要由 VBOX 3i RTK、固定基站、基站通信模块、双车通信模块、PC 端等构成(见图 4)。其中:VBOX 3i RTK 为数据采集单元,是 VBOX 3i 双天线的支持 RTK 的版本,其采样频率最大为 100 Hz。VBOX 3i RTK 带有文件管理

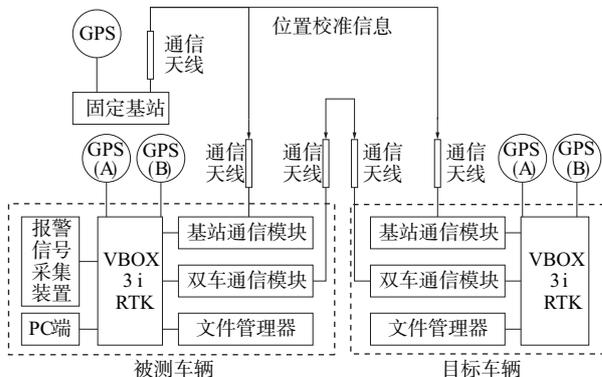


图 4 VBOX 测试系统的基本架构

器,通过文件管理器可更改动态模式和滤波器设置、设置滑移角数据并定义天线位置等。固定基站基于差分技术并通过通信天线和基站通信模块实时发送位置校准信息,使 VBOX 3i RTK 获得 $\pm 2\text{ cm}$ 的位置精度。双车通信模块可将目标车辆的位置、车速等参数传输给被测车辆。

驾驶机器人测试系统主要由驾驶机器人、RT 3002、RT Range、固定基站等组成(见图 5)。其中:驾驶机器人用于操纵车辆或假人运动,其控制器使用美国 PMAC 运动控制板卡,等同于一个三轴伺服

电机系统,可通过调节比例—积分—微分(PID)控制其运动执行精度。RT 3002 配合固定基站使用,固定基站通过无线通信向 RT 3002 实时提供位置校准信息,RT 3002 向驾驶机器人提供定位、导航等信息。RT Range 包括 Hunter 和 Target 两种, Hunter 安装于被测车辆,Target 安装于目标车辆或行人系统。RT Range 可将目标车辆或行人的位置、速度等实时传输给被测车辆并计算与目标车辆或行人的横向距离、纵向距离、TTC 等参数。

最终搭建的 AEB 测试系统见图 6。

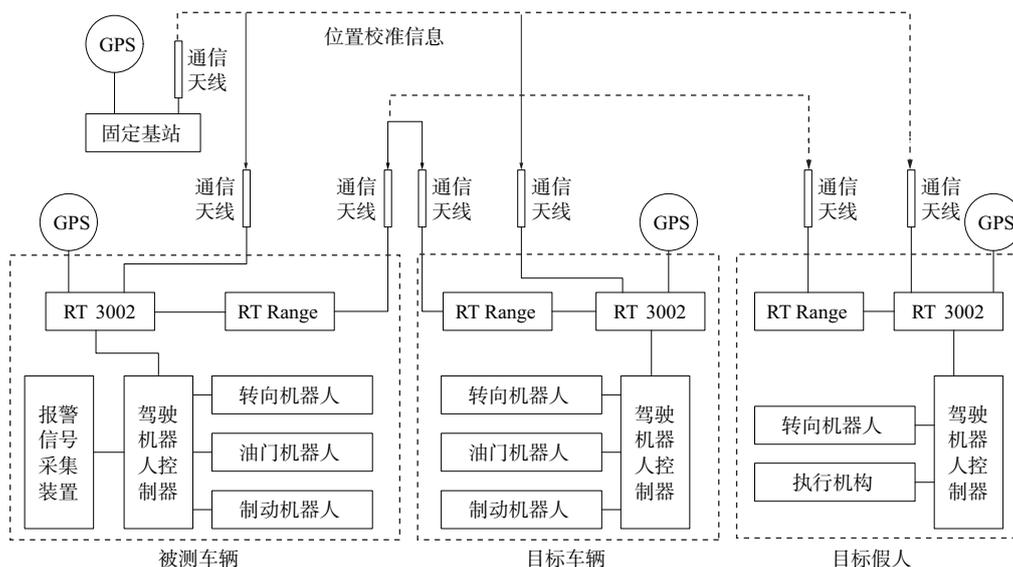


图 5 驾驶机器人测试系统的基本架构



图 6 AEB 测试系统

4.2 AEB 测试场景构建

目前 AEB 系统基本为 I 类系统,不具备车路通信功能,且目标检测距离测试和目标检测宽度测试不需要额外仪器进行数据采集,弯道横向目标识别测试和误响应测试仅为功能性验证测试。因此,仅对目标车辆静止测试、目标车辆移动测试和行人测试进行说明。

目标车辆静止测试场景构建见图 7。为保证测

试的安全性,测试中采用软性目标车辆,其视觉、雷达和反射量属性与实际 M1 类车辆相同。软性目标车辆处于基准点位置,被测车辆和软性目标车辆处于同一测试车道,被测车辆位于软性目标车辆后部一定距离,分别进行 40、80 km/h 车速下的测试。

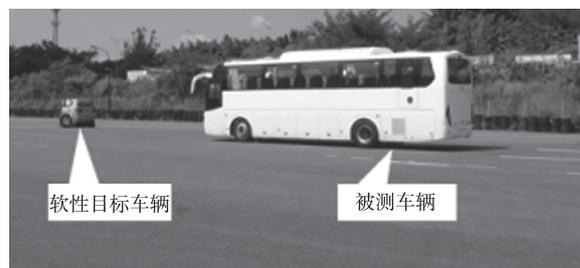


图 7 目标车辆静止测试场景

目标车辆移动测试场景构建见图 8。软管用于连接移动拖车和软性目标车辆,目标车辆的测试设备安装于移动拖车上,碰撞基准点设置于软性目标车辆尾部。测试过程中,由拖车拖动软性目标车辆以 12

km/h 的速度行驶,被测车辆试验速度为 80 km/h。

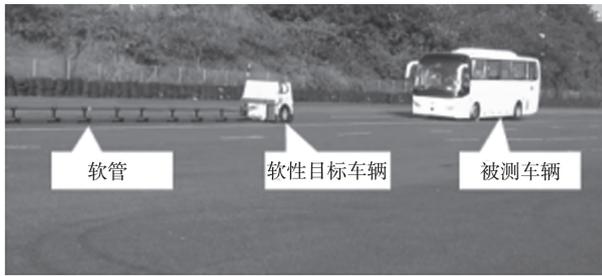


图 8 目标车辆移动测试场景

行人测试场景构建见图 9。目标假人固定于移动平台,移动平台随张紧带运动,张紧带通过转向机器人进行驱动。通过驾驶机器人设置行人移动速度、行走路径等信息,对被测车辆进行 60 km/h 速度下的试验。



图 9 行人测试场景

5 AEB 实车测试

5.1 试验车辆

选取某 M3 类客车进行试验。该客车搭载由某款 77 GHz 毫米波雷达和某款单目摄像头构成的 AEB 系统,该系统的工作速度为 15~90 km/h。试验车辆的基本参数见表 2。

表 2 试验车辆的基本参数

参数名称	数值及型号
长×宽×高/mm	10 995×2 480×3 540
最大总质量/kg	18 000
AEB 系统类别	I 类
制动储气筒额定工作压力/kPa	1 000
轮胎型号	295/80 R22.5

5.2 测试结果分析

根据所构建的测试系统和测试场景对试验车辆进行目标车辆静止、目标车辆移动和行人测试。

目标车辆静止测试结果见图 10 和表 3。被测车辆以 40 km/h 的速度匀速接近静止的目标车辆, TTC 为 3.4 s 时,产生碰撞预警,紧急制动前 2.1 s 产生一级预警,紧急制动前 1.4 s 产生二级预警,预警阶段速度减小量为 8.5 km/h; TTC 为 1.8 s 时, AEB 系统控制被测车辆进行紧急制动,未与目标车辆发生碰撞。

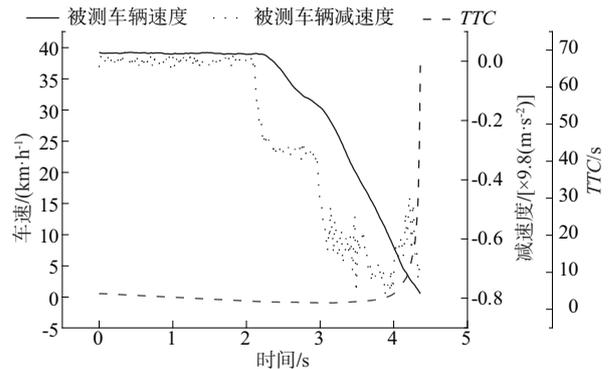


图 10 目标车辆静止测试结果

表 3 AEB 实车测试结果

测试项目	被测车辆试验速度/(km·h ⁻¹)	一级碰撞预警时间/s	二级碰撞预警时间/s	预警阶段速度减小量/(km·h ⁻¹)	预警开始时的 TTC/s	紧急制动开始时的 TTC/s	紧急制动被测车辆速度减小量/(km·h ⁻¹)
目标车辆静止	40	2.1	1.4	8.5	3.4	1.8	未碰撞
目标车辆移动	80	2.2	1.6	8.0	3.4	1.3	57.18
行人	80	2.0	1.4	8.6	3.7	2.0	未碰撞
行人	60	2.8	2.2	13.9	3.6	1.1	35.40

目标车辆移动测试结果见图 11 和表 3。目标车辆以 12 km/h 的速度匀速直线行驶,被测车辆以 80 km/h 的速度匀速接近。TTC 为 3.7 s 时,产生

碰撞预警,紧急制动前 2.0 s 产生一级预警,紧急制动前 1.4 s 产生二级预警,预警阶段速度减小量为 8.6 km/h; TTC 为 2.0 s 时, AEB 系统控制被测车

辆进行紧急制动,未与目标车辆发生碰撞。

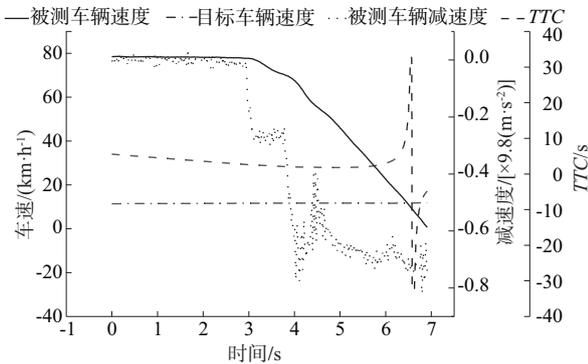


图 11 目标车辆移动测试结果

行人测试结果见图 12 和表 3。TTC 为 3.6 s 时,产生碰撞预警,紧急制动前 2.8 s 产生一级预警,紧急制动前 2.2 s 产生二级预警,预警阶段速度减小量为 13.9 km/h;TTC 为 1.1 s 时,AEB 系统控制被测车辆进行紧急制动,被测车辆速度减小量为 35.4 km/h。

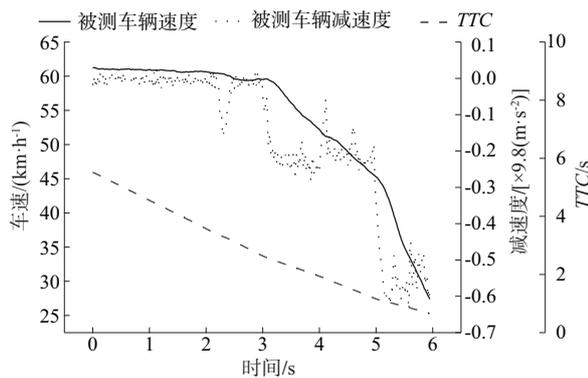


图 12 行人测试结果

6 结语

该文根据 AEB 系统配置要求和 JT/T 1242—

2019 规定的典型测试工况搭建 VBOX 系统和驾驶人系统两种 AEB 测试系统,通过构建目标车辆静止、目标车辆移动和行人等测试场景,对某客车的 AEB 系统进行测试,结果表明该车辆 AEB 系统满足标准要求。后续研究中,应对频繁随意变道、急加速急减速、车辆与电瓶车碰撞等中国特有事故场景下的 AEB 性能进行测试,为标准完善提供借鉴。

参考文献:

- [1] 公安部.2018 年全国小汽车保有量首次突破 2 亿辆 [EB/OL]. <http://www.mps.gov.cn/n2254098/n4904352/c6354939/content.html>,2019-01-12.
- [2] Euro NCAP. Test protocol: AEB systems, Version 1.1 [EB/OL]. <https://www.euroncap.com/en/forengineers/protocols/safety-assist>,2015-07-06.
- [3] GB 7258-2017,机动车运行安全技术条件[S].
- [4] JT/T 1094-2016,营运客车安全技术条件[S].
- [5] JT/T 1178.1-2018,营运货车安全技术条件 第 1 部分:载货汽车[S].
- [6] JT/T 1178.2-2019,营运货车安全技术条件 第 2 部分:牵引车辆与挂车[S].
- [7] 何仁,冯海鹏.自动紧急制动(AEB)技术的研究与进展[J].汽车安全与节能学报,2019,10(1).
- [8] 曹寅,朱春嵩,黄先国.自动紧急制动系统性能测试方法分析[J].质量与标准化,2014(6).
- [9] JT/T 1242-2019,营运车辆自动紧急制动性能要求和测试规程[S].
- [10] 王戡,刘昌仁,曹飞,等.客车自动紧急制动系统性能测试[J].客车技术与研究,2017(2).
- [11] 刘颖,贺锦鹏,刘卫国,等.自动紧急制动系统行人测试场景的研究[J].汽车技术,2014(3).

收稿日期:2019-11-12

关于假冒杂志网站和邮箱的声明

目前互联网上出现以《公路与汽运》杂志名义建立的官方网站和投稿邮箱,它们盗用“公路与汽运”的名称,非法向外征稿并收取审稿费、版面费,严重损害了本刊的权益和声誉。为避免广大作者和读者上当受骗,本刊郑重声明:

1 本刊没有官网,也从未以任何方式授权其他单位和个人在互联网上建立网站,互联网上以“公路与汽运”名义建立的网站都是假冒的,此类网站上发布的信息及由此造成的一切后果均与本刊无关。

2 本刊唯一的投稿邮箱是 gongluyuqiun@163.com,除此之外的任何以本刊名义设立的邮箱都是假冒的。本刊目前没有收取审稿费。

3 本刊强烈谴责这种假冒《公路与汽运》杂志名义、损害本刊和作者、读者权益的违法行为,并保留依法追究其法律责任的权利。

特此声明。