

基于现场实车试验的高速公路门架式 限速设施有效性研究

符铎砂, 王庭龙, 何石坚, 胡嘉诚, 杜锦涛

(华南理工大学 土木与交通学院, 广东 广州 510641)

摘要:为研究限速牌和测速拍照两种高速公路门架式限速设施的限速效果,通过高速公路实车驾驶试验获取车辆的速度、加速度和行驶距离等驾驶状态特征参数,并采用方差分析法对两种限速设施相同条件下的不同特征参数进行差异性分析。结果表明:上述两种限速设施对控制车辆行驶速度、促使车辆主动减速均有明显效果,但在相同条件下,测速拍照的限速效果优于门架限速牌。

关键词:公路; 限速设施; 方差分析法; 实车驾驶

近年来,随着经济的快速发展,中国高速公路里程逐渐增大,随之而来的交通事故造成的人员伤亡、财产损失也是巨大的。速度被视为交通事故中一项关键性的风险因素,为保证高速公路行车安全,对高速公路上的车辆实施速度管理是常见的交通安全措施。特别是在高速公路运营期间,优化交安设施的设置是提高高速公路运营安全的基本手段,而科学、合理、有效地布设交安设施则是提高交安设施实用性的关键。

目前,关于高速公路限速设施有效性的研究主要有两种手段:① 驾驶舱模拟仿真;② 高速公路断面测速。利用驾驶舱模拟对高速公路中横向减速标线、纵向减速标线以及振动标线进行模拟仿真,研究各类减速标线及其组合型的减速效果;在高速公路上进行断面测速或利用高速公路测速设备采集数据,研究限速标志、摄像头以及减速标线等限速设施的实施效果。但是,目前这两种方式的研究主要集中在多种不同类别不同形式的限速设施上,对于同种类型限速设施(例如,门架式限速设施)的对比研究较少。门架式限速牌和测速拍照两者的布设形式接近,且均属于强制性限速设施有明确的限速提示,但两者存在对驾驶员是否有惩罚机制的区别,研究这两种限速设施给驾驶员带来操作行为上的差异及其减速效果,对高速公路限速设施的设计优化及限速管理具有重要意义。

该文从运营高速公路限速设施的有效性出发,选取广东省某山区高速公路为试验路段,通过现场实车

试验采集汽车行驶状态特征数据,对高速公路中常见的限速牌和测速拍照两种门架式限速设施的限速效果进行对比研究。

1 现场试验

1.1 试验路段

试验路段为广东省甘山区高速公路怀集南至四会收费站路段(K2 583~K2 662),全路段为双向六车道,最高限速为100 km/h。试验时间段该高速公路上交通量较小,无拥堵情况,车头时距大于6 s行程,呈自由流状态。为客观地了解不同限速设施对驾驶员在高速公路行车中驾驶行为的影响,试验采取现场实车驾驶,汽车车型为小汽车。

1.2 试验设备

利用汽车 OBD 接口连接汽车行驶状况数据采集仪,采集车辆行驶速度、加速度以及驾驶行为数据,采集仪记录频率为2次/s。在车辆中装配行车记录仪,以便于后期读取车辆经过限速设施的时刻,以及数据终端的车辆运行数据。

汽车行驶状况数据采集仪是一款配合手机 APP 使用的车载智能配件,可以帮助驾驶员了解汽车油耗,改进驾驶习惯,还可以及时掌握汽车发动机的健康状况。它通过 OBD II 接口读取车辆行驶数据,然后通过蓝牙自动将数据传输至手机 APP。采集仪记录的数

据有:时间、速度、加速度以及行驶距离等。

1.3 试验流程

为保证每次试验中汽车行驶数据采集的实时性和准确性,在车辆进入收费站前熄火一次,然后车辆点火启动与此同时手机 APP 会自动启动,手机 APP 开始记录数据后进入收费站驶入高速公路。在每次试验过程中,手机属于无操作状态,以此来保证手机 APP 与汽车行驶状况数据采集仪的连接不会被其他操作中。在每次试验结束,车辆熄火后确认汽车行驶状况数据上传至终端,并更换行车记录仪的内存卡,防止行程数据丢失。

1.4 人员要求及现场试验

为了减小数据的随机性,进行了连续 5 d 的重复试验,试验时间均为每天 07:00~23:00。试验人员分为驾驶员和数据记录员,数据记录员负责记录每次试验的基本情况,数据记录员与驾驶员无接触,以避免对驾驶员产生干扰。该实车驾驶试验共安排了 24 名驾驶员,第 1 天进行了 4 次试验,其余 4 天均安排了 5 次试验,共获得了 24 次试验数据。通过试验数据的有效性分析,最终摘取了 22 人次的试验数据作为分析样本,保证了足够的试验样本数量。

驾驶员均为拥有 5 年以上驾龄的男性,驾驶员在试验前均保证了足够的睡眠,并且无饮酒及服用药物等现象,以防止疲劳驾驶并避免其他外界因素对试验结果产生影响。在行车过程中,除要求驾驶员安全驾驶和遵从良好的驾驶习惯按照规定路线进行驾驶外,再无其他要求,以此来保证每次试验数据的真实性和客观性。

2 数据处理与分析

2.1 数据处理

利用 SPSS 软件采取方差分析法对试验所测数据进行数据处理,分析在不同限速设施情况下的车辆运行状态是否有显著性差异。为此,定义了以下几个关键指标:① 起始速度 V_0 :驾驶员在读取到限速标志后,当刹车踏板压力不为零时,将采取减速操作前一瞬间的速度定义为初始速度,如运行速度较小,行驶速度低于限速值,在经过限速标志前无明显减速行为甚至有加速行为时,则以车辆通过该限速设施时的断面速度作为起始速度;② 断面速度 V_1 :车辆通过限速设施时的速度;③ 恢复速度 V_2 :车辆在离开限速设施后加速截止时车辆的运行速度值;④ 最小速度 V_{\min} :车辆

从起始速度 V_0 至恢复速度 V_2 过程中的最小运行速度;⑤ 最大减速度 a_{\max} :车辆在减速过程中产生的最大加速度,车辆未发生减速行为时取值为零;⑥ 减速距离 L_1 :车辆减速时从起始速度位置至限速设施位置的距离,车辆未发生减速行为取值为零;⑦ 加速距离 L_2 :车辆离开限速设施时,加速过程中所行驶的距离,车辆未发生加速行为时取值为零。这几个指标的关系如图 1 所示。

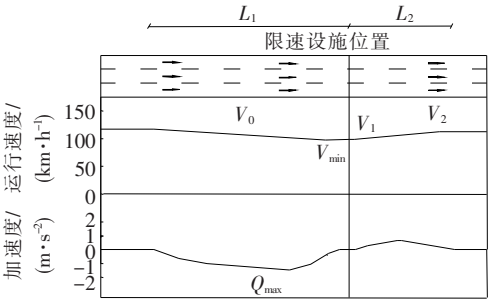


图 1 车辆通过限速设施过程中的特征参数示意图

以车辆通过限速设施过程中的速度、减速度以及影响范围指标,分析门架限速牌和测速拍照设施的减速有效性。从车辆的初始速度、断面速度、恢复速度以及最小速度分析车辆在通过限速设施时的速度特征参数,以车辆在减速过程中的最大减速度分析车辆在减速过程中的减速幅度,从车辆的减速距离和加速距离来确定限速设施的影响范围。为了检验门架限速牌和测速拍照设施对减速效果是否有显著性差异,该文通过 22 次实车驾驶试验,对车辆在通过这两种限速设施时的速度、减速度以及影响范围进行方差分析,具体结果见表 1。

2.2 速度分析

采用速度差检验限速设施的限速效果,该指标是车辆通过限速设施时 V_0 和 V_1 的差值,可以反映限速设施对于车辆行驶速度的影响程度。并采用方差分析法分析车辆在经过门架限速牌和测速拍照时的 V_1 是否具有显著性差异,以检验门架限速牌和测速拍照的减速效果是否一致。

该文共选取两处门架限速牌和两处测速拍照作为研究对象,统计车辆经过这两种限速设施的运行速度,22 次实车驾驶试验中车辆通过这两种限速设施前的起始速度为:门架限速牌处的起始速度平均值为 105.96 km/h,测速拍照处的起始速度平均值为 103.71 km/h。为保证车辆在通过门架式限速牌和测速拍照时的初始条件一致,对车辆通过这两种限速设施的起始速度做差异性检验,结果如表 1 所示,表 1 显

表1 车辆经过不同限速设施的运行状态

方差分析	限速设施类型	$V_0/$ ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	$V_1/$ ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	$V_2/$ ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	$V_{\min}/$ ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	$a_{\max}/$ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$)	$L_1/$ m	$L_2/$ m
	门架限速牌	105.97	102.46	102.77	100.17	0.31	107.96	124.49
	测速拍照	103.71	90.34	95.62	89.10	0.66	343.68	194.09
$F_{(1,86)}$		1.33	57.57	21.87	37.14	17.50	37.01	16.31
P		0.25	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注:表格中的起始速度 V_0 、断面速度 V_1 、恢复速度 V_2 、最小速度 V_{\min} 、最大减速度 a_{\max} 、减速距离 L_1 以及加速距离 L_2 为所有试验的均值。

示两者不存在显著性差异($F_{(1,86)}=1.33;P>0.05$),即可认为车辆在经过这两种限速措施时的初始速度是一致的。

由表1可知:车辆在经过门架限速牌的断面速度 V_1 为 102.46 km/h,经过测速拍照的断面速度 V_1 为 90.34 km/h。其中,门架限速牌的相对速度减速幅度为 3.308%,测速拍照的相对速度减速幅度为 12.897%。结合表1中的方差分析可知,车辆在经过两种限速设施时的初始速度不存在显著性差异($F_{(1,86)}=1.33;P=0.25$),二者的断面速度 V_1 存在着显著性差异($F_{(1,86)}=57.57;P<0.05$),即可认为测速拍照的减速效果比门架限速牌的减速效果更为明显。

为检验车辆是否以最小速度通过限速设施,对车辆在经过门架限速牌和测速拍照的断面速度 V_1 与最小速度 V_{\min} 作差异性检验,结果如表2所示。由表2可知:门架限速牌中的 V_1 和 V_{\min} 没有显著性差异($F_{(1,86)}=0.97;P>0.05$);测速拍照中的 V_1 和 V_{\min} 没有显著性差异($F_{(1,86)}=0.09;P>0.05$)。两种限速设施中的 V_1 和 V_{\min} 是没有显著性差异的,表明车辆在通过这两种限速设施时,均是采用最低速度通过,也说明了这两种限速设施对控制车速的有效性。

表2 车辆经过不同限速设施时的 V_1 与 V_{\min} 分析

限速设施类型	速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)		方差分析	
	V_1	V_{\min}	$F_{(1,86)}$	P
门架限速牌	102.46	100.17	0.97	0.33
测速拍照	90.34	89.10	0.09	0.76

从以上分析可知:两种限速设施均能对车辆起到限速效果,车辆均是采用最低速度通过限速设施,但测速拍照的限速效果明显优于门架限速牌,驾驶员在遇到测速拍照时的减速幅度更大,制动效果更为明显。

2.3 减速度分析

车辆加速度能够反映车辆速度的变化幅度,因此

采用在减速过程中的加速度(即减速度,下文统称减速度)作为另一个评价限速设施对于车辆运行状态的影响指标。统计每次车辆在减速过程中减速度的最大值(绝对值),分析限速设施对于车辆运行状态的影响。

计算22次试验中车辆在经过两种不同限速设施减速过程中最大减速度的平均值,如表1所示。结果显示:门架限速牌的最大减速度均值为 0.31 m/s^2 ,测速拍照的最大减速度均值为 0.66 m/s^2 。可以看出车辆在减速过程中,测速拍照的最大减速度均值大于门架限速牌,测速拍照的最大减速度均值为门架限速牌的 2.13 倍,即车辆经过测速拍照时的减速度大于门架限速牌。

两者的减速度差异性分析如表1所示,结果显示:门架限速牌与测速拍照对车辆在减速过程中的减速度存在着显著性影响($F_{(1,86)}=17.50;P<0.05$);即车辆经过测速拍照时比经过门架限速牌时所采取的减速措施更为明显。

2.4 影响范围分析

定义影响范围指标 D 作为限速设施减速效果的一个评价指标,其具体含义为车辆通过限速设施的减速距离 L_1 和加速距离 L_2 之和。用影响范围 D 来分析确定限速设施对于车辆的减速起始位置与结束位置,有助于高速公路管理部门科学布设限速设施。为更好地分析加减速距离的分布情况,统计每个距离段的试验人次,以车辆的加减速距离为横坐标,试验车次为纵坐标,绘制车辆在经过这两种限速设施的加减速距离统计图,如图2所示。

现场实车试验在不同类型限速设施影响下的加减速平均距离如表1所示。由表1可得:门架限速牌的减速距离 L_1 平均值为 108 m,加速距离 L_2 平均值为 124.5 m,影响范围长度平均值为 233 m;测速拍照的减速距离 L_1 平均值为 343.7 m,加速距离 L_2 平均值为 194.1 m,影响范围长度平均值为 538 m。测速拍

照中的平均减速距离为门架牌限速中平均减速距离的 3.18 倍,测速拍照的影响范围为门架限速牌的影响范围的 2.31 倍。由图 2 可知:测速拍照的影响范围明显大于门架限速牌的影响范围;测速拍照的减速距离分布更广,并且减速距离明显比门架限速牌大。

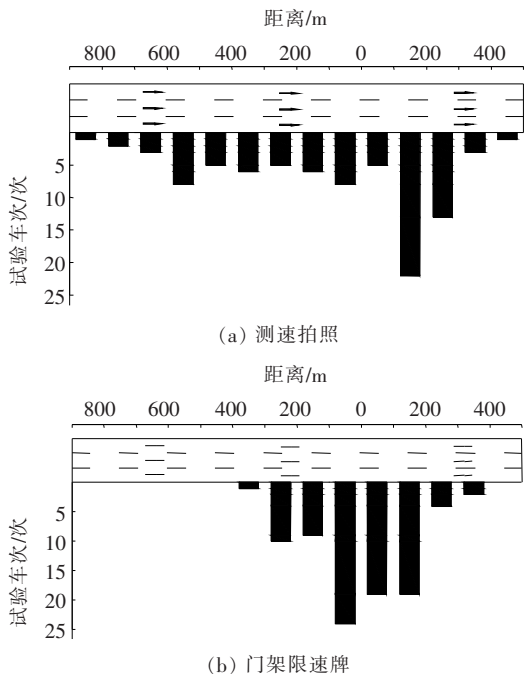


图 2 车辆经过两种限速设施的加减速距离统计图

门架限速牌与测速拍照对于车辆在行驶过程中的减速距离存在显著性影响($F_{(1,86)}=37.01; P<0.05$);门架限速牌与测速拍照对于车辆行驶过程中的加速距离也存在显著性影响($F_{(1,86)}=16.31; P<0.05$),即测速拍照的影响范围与门架限速牌的影响范围有显著性差异,测速拍照的影响范围比门架限速牌的影响范围更大。

由车辆经过门架限速牌和测速拍照过程中的速度、减速度以及影响范围分析可知:在起始速度无显著性差异的前提下,车辆在经过测速拍照时的减速幅度比经过门架限速牌更大,这就导致车辆通过限速拍照时的减速距离更长;与此同时,车辆在通过测速拍照后的加速距离也比通过门架限速牌时更长。

车辆通过测速拍照设施时,在距离测速拍照 400 m 前路侧会有测速拍照提示牌,如若使用手机 GPS 导航,手机导航也会在限速设施前一定距离有相应的提示。驾驶员在阅读到有测速拍照信息后或听到导航提示后会注意车速,当车辆速度过快时驾驶员会采取一定的减速措施,如车速未达到限制速度时驾驶员则会保持车速,以一个较低的速度通过测速拍照,防止因超

速而受到惩罚。而车辆通过门架限速牌则不会有提前预告的标志,手机导航也不会有相应的提示。

虽然门架限速牌和测速拍照均是门架式限速设施,而且二者均为强制性限速设施,但驾驶员在经过测速拍照时的减速幅度明显大于车辆经过门架限速牌。造成这种差异性的原因主要在于测速拍照会记录车辆在通过时的速度,如超速则会面临惩罚,但门架式限速牌只是一种警示作用并不具备记录扣分和惩罚功能,所以在潜意识作用下,驾驶员面对这两种限速设施时的减速幅度会有明显性差异。交警部门对于车辆的超速行为是零容忍,在高速公路上超速 10% 以上就会面临罚款和扣分的处罚,超速严重者还会面临扣 12 分的处罚,所以驾驶员在经过测速点时,一般都会有明显的减速行为以避免超速处罚。

综合以上结果可知:门架限速牌和测速拍照两种限速设施均能使车辆产生减速效果,均能使车辆以最小速度通过;测速拍照的限速效果比门架限速牌更显著,更能约束驾驶员的驾驶行为。高速公路相关管理部门可在事故多发路段或严格控速路段设置测速拍照设施,从而达到更好的限速效果,保证车辆在高速公路上的安全行驶。

3 结论

通过实车驾驶试验对门架限速牌和测速拍照进行了对比研究,探讨二者因惩罚机制的不同而在驾驶行为层面造成的差异。基于该试验,可得以下结论:

- (1) 在起始速度一致时,车辆均能以最小速度通过限速设施,测速拍照的相对速度减速幅度比门架限速牌高 10% 左右。
- (2) 测速拍照的最大减速度均值大于门架限速牌,约为门架限速牌减速度的 2 倍。
- (3) 测速拍照的影响范围大于门架限速牌的影响范围,约为门架限速牌影响范围的 2.3 倍。测速拍照比门架限速牌对车辆的限速效果更为显著,更能约束驾驶员的驾驶行为。

参考文献:

- [1] 《商用汽车》杂志社. 2018 年交通运输行业大数据(公路运输部分)[J]. 商用汽车, 2019(4).
- [2] 周光涛. 基于认知行为的高速公路减速标线研究[D]. 西南交通大学硕士学位论文, 2014.
- [3] 闵强. 道路减速设施应用技术研究[D]. 重庆交通大学硕

荒漠戈壁区公路交通标志反光材料改进研究

郑涛,王瑶文,顾赛男,刘子宇

(中国公路工程咨询集团有限公司 中咨华科交通建设技术有限公司,北京市 100195)

摘要:随着中国“一带一路”倡议的实施,荒漠戈壁地区公路日益增多,交通标志反光膜侵蚀问题也日渐突出,该文以传统玻璃珠型反光膜的破坏形态为切入点,从材料结构、施工工艺角度提出微棱镜反光膜、电刻膜、保护膜3种改进方案,并通过室外自然暴露试验验证其适用性。研究结果表明:荒漠戈壁地区,在将技术成熟的大角度微棱镜反光膜作为主导改进方案的同时,电刻膜这一新型产品工艺的耐候性也较好。

关键词:荒漠戈壁;公路;交通标志反光材料;改进方案

1 概述

在国家“一带一路”倡议的带动下,加快设施的互联互通建设成为了新时期交通跨越式发展的新方向,发展空间也逐步延伸到了荒漠戈壁地区。京新高速公路临河至白疙瘩段,作为目前世界上穿越沙漠、戈壁里程最长的高速公路,其建成通车,虽然标志着中国在沙漠公路建设方面取得了突破性进展,但其风大、沙多的独特自然环境引发的交通安全问题仍需关注,尤其是对道路设施的全寿命周期提出了极高的挑战。交通标志反光材料也不例外,如何提高风蚀环境下的耐候性是亟需解决的问题。基于此,该文以荒漠戈壁地区公路标志反光膜的破坏形态为切入点,从主、被动防护两

个方面,提出改进方案,并采用室外自然暴露试验的方式进行比选分析,以便为同类地区交通标志的设计、运营管理提供参考。

2 荒漠戈壁地区公路交通标志反光膜破坏形态分析

风大沙多,作为荒漠戈壁地区重要自然特征,其沙害主要分为风蚀与沙埋两种形式。该文选择内蒙古自治区阿拉善盟S312乌力吉至额济纳旗段公路作为调查研究对象,对其穿越荒漠戈壁区段内交通标志调查发现:荒漠戈壁地区公路早期交通标志反光膜以玻璃珠型为主。反光膜遭风蚀后破坏过程(图1)主要分为3个阶段:①风沙流中的小型沙粒,由于缺乏黏性,在

- 士学位论文,2014.
- [4] 符铎砂,何石坚,鲁岳,等.公路线形评价方法的工程实用性探讨[J].中外公路,2018(1).
- [5] 杨永红,吴传海,葛婷,等.山区高速公路超车道小客车停车视距安全性[J].长安大学学报(自然科学版),2014(5).
- [6] 符铎砂,葛婷,李海峰,等.基于公路三维线形几何特性的行车安全分析[J].中国公路学报,2015(9).
- [7] 鲍兴建,孙小端,贺玉龙.高速公路减速标线应用效果研究[J].交通标准化,2010(Z2).
- [8] 朱绪飞,赵炜华,刘浩学,等.基于仿真的公路视错觉减速标线效果对比研究[J].公路与汽运,2012(1).
- [9] 赵晓华,单静涛,丁罕,等.减速标线视觉减速有效性实验研究[J].道路与安全,2015(2).
- [10] 尚婷,段萌萌,占劲松.组合型视错觉减速标线设计方法与应用技术研究[J].公路工程,2015(3).
- [11] 贺玉龙,孙小端,侯树展,等.高速公路速度控制设施的实施效果分析[J].中国公路学报,2010(S2).
- [12] 侯树展,孙小端,贺玉龙.高速公路振动减速标线路段运行速度变化规律研究[J].中国公路学报,2010(S1).
- [13] 田泉,马志洁.高速公路非强制性限速设施的车辆减速效果研究[J].交通标准化,2014(24).
- [14] 鲁淑华.高危路段交通安全设施的有效性评价[J].兰州工业学院学报,2016(4).

收稿日期:2020-02-24

基金项目:交通部西部交通建设科技项目(编号:20113187721260)

作者简介:郑涛,男,大学本科,高级工程师.E-mail:zhengtao622@163.com