

文章编号: 1005-0523(2008)05-0032-05

高速公路断面运行车速分布的研究

周宏敏¹, 马玉成², 王君³, 阎莹¹

(1. 同济大学 交通运输工程学院, 上海 201804; 2. 林同炎李国豪土建工程咨询有限公司, 上海 200092;
3. 四川省宜宾市交通局, 宜宾 644000)

摘要: 为了研究高速公路运行车速的分布特征, 进而构建基于连续线形变化的运行车速预测模型, 利用对射式激光测速仪进行了高速公路断面车速的调研。对采集到的断面车速按照不同的车型、路段等进行数据分析, 研究了不同线形组合下实测车速的变化特征, 并与IHSDM和《公路项目安全性评价指南》的预测结果进行了比较, 然后运用SPSS软件进行了断面运行车速分布形式和分布特征的研究, 通过进行四类分布检验, 最后确定高速公路断面运行车速呈正态分布。

关键词: 断面运行车速; 《公路项目安全性评价指南》; 激光测速仪; SPSS; 正态分布

中图分类号: U412.36+6

文献标识码: A

国内外研究表明车速是影响道路安全性的重要因素: 车速绝对值越大、车辆间的速度差越大、车速与平均车速相差越大、相邻路段的车速差越大, 相应路段的事故率越高, 且事故较严重^[1~3]。国外运行车速研究较早, 代表性成果如IHSDM的线形一致性评价模型, 我国的研究起步晚, 在国外已有的基础理论上, 通过实测数据建立了车速预测模型, 目前代表性成果《公路项目安全性评价指南》在运行车速预测和线形安全性评价方面取得了一定成效。但《指南》模型^[4]对运行车速影响因素的地区差异考虑不够, 其实际应用的局限性较大, 我国相应的运行速度理论还需进一步系统研究^[5]。

不同于以往的按线形指标分路段预测模型, 本研究的目的是构建基于连续线形变化的运行车速预测模型: 调研高速公路断面车速, 探讨车速分布特征与交通安全的关系, 提出运行速度特征的量化指标; 选取适当线形指标, 构建反映公路空间几何特性且能体现路段不同断面差异性的函数, 分析函数中各参数对线形指标的敏感性, 建立公路线形客观描述模型; 分析公路线形空间描述综合指标与连续变化的运行车速的相关性, 构建运行车速预测模型并标定参数; 结合国情确定公路线形安全性评价指标和评价标准。作为基础研究, 本文利用实地采集到的高速公路断面车速, 研究了运行车速在不同线形组合下的变化特点, 并对断面运行车速的分布形式和分布特性进行了统计分析^[5]。

1 调研方法

本次运行车速调研采用雷达测速仪和对射式激光测速仪, 对射式激光测速仪工作基本原理为: 车辆先后经过安装在公路两侧的两组间距固定的激光发射-接收器, 两束激光线依次被遮断将产生检测信号, 经处理和计算即可输出车辆速度值(见图1)。

选取辽宁的沈丹线、沈山线、沈大线三条高速公路, 调研路段类型有: 直线+缓和曲线+圆曲线; S型曲

收稿日期: 2008-06-24

基金项目: 辽宁省交通厅科技项目(062089)

作者简介: 周宏敏(1983-), 女, 贵州贵阳人, 硕士研究生, 研究方向为道路安全。

线;凸(凹)型竖曲线+平曲线;凸(凹)型竖曲线+直线.直线段设5个观测点:距直线起点0 m、50 m、100 m、200 m(确定加速特性)、>300 m处(测定期望车速);曲线路段考虑运行车速受前后直线以及曲线本身的影响设5个测点:第一缓和曲线起点之前60~80 m,圆曲线的起点、中点、终点,第二缓和曲线终点之后60~80 m;纵坡路段的直坡路段测3个点:坡顶、坡中和坡底;平纵组合路段以上述曲线路段的观测地点为主.

测速条件为:白天晴好天气、路面干燥、自由流交通(车头间距5 s或车辆间距120 m以上).因采用分车型记录车速,每个断面总样本量一般应达到300辆,基本保证小客车、大货车等主要通行车辆达到100辆,满足统计学要求.

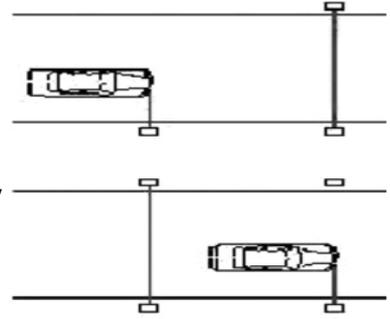


图1 激光测速仪工作原理

2 不同类型线形组合的85%位车速变化分析

利用现有的IHSDM线形一致性模型和我国《公路项目安全性评价指南》进行调研路段的车速预测,并与实测车速进行对比分析.以沈丹线为例,部分调研路段小客车的85%位实测车速和预测车速(见图2).总体上看,IHSDM预测车速低于《指南》预测值和实测值,且大部分路段《指南》计算结果与实测车速较为接近.这是由于IHSDM线形一致性模型以路段的设计车速为期望车速,《指南》则规定了不同车型在平直路段的期望车速(往往高于设计车速),而我国车辆超速现象较为普遍.

分不同线形组合来看(如图3):车辆从直线进入缓和曲线,绝大部分路段的车速都降低,在缓和曲线上完成加速过程,但降低幅度不同,这主要受缓和曲线长度及前方平曲线的影响;从缓和曲线进入圆曲线,除个别点外,车速全都降低,但在圆曲线上车速并不像《指南》假设的保持匀速,而是曲中点车速普遍最低;出圆曲线后车速普遍升高,但升高幅度不同;从圆曲线进入另一圆曲线时,车速受前后曲线半径变化的影响,若半径增大或变化不大,车辆一般加速或匀速,若半径减小,则减速;车辆下坡行驶时,车速基本为逐渐加速,但平纵组合时,车速受平面线形影响显著;A型小客车车速与所有车型的车速变化趋势基本相同.

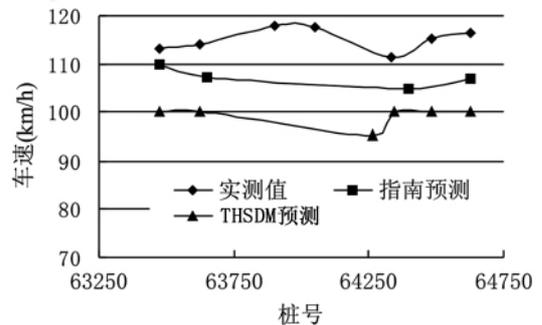


图2 基本曲线段IHSDM和《指南》车速预测与实测车速

3 断面运行车速分布形式及分布特征研究

为确定高速公路不同断面运行车速分布形式,先绘制不同车型车速频率分布柱状图.结果表明:不论是小客车、货车,还是所有车型的柱状图,车速的分布都有中间较为集中,两边较为分散的特点.因此,数据适用于有峰值的分布形式进行拟合,拟用正态分布、威布尔分布、伽玛分布以及logistic分布.这4种分布形式对数据的拟合各有特点:正态分布和Logistic分布计算方便,适用性强,但数据分布非对称性较强时,拟合不甚理想;威布尔分布和伽玛分布具有不对称性,在描述具有单边拖尾现象的数据时有优势,但伽玛分布的计算较为繁琐,实际应用范围较窄.

进行运行车速频率分布检验的方法有:在直方图上绘制各种频率分布曲线,比较哪种分布曲线更能准确描述断面的运行车速特征;分布假设检验,采用PP图检验或单样本K-S检验、 χ^2 拟合优度检验等.本次研究采用SPSS软件^[6]的PP图对各个断面不同车型的车速数据以上述4种分布形式(如图4).

由于数据量较大,借助VBA编程,对所测54个断面、7种车型进行了4种分布共计约1700张PP图检验.结果表明:并没有一种特定的分布适用于描述所有断面、各类车型的车速数据,因此需比较各种分布的适

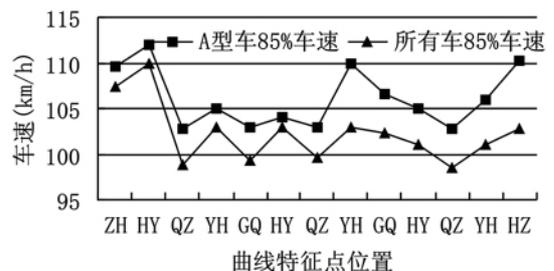


图3 沈丹线K75+738~K77+070段反向曲线运行车速变化

用程度. 某种分布在某断面对某车型的车速数据拟合程度排序由前往后用 1~4 号表示, 运用系统分析原理, 对各个断面各种分布的标号求和, 可认为求和值最小的分布适用于大部分断面车速的描述. 为方便参考, 将排在第一位的分布进行频数统计. 分布检验的统计结果见表 1, 其中斜杠左边的数字表示此种分布在该车型中排序位数的总和, 斜杠右边的数字表示此种分布出现第一排位的频数.

从表 1 看出, 无论是从排序位数总和还是第一排位的频数来看, 正态分布都较其他分布形式更适用于描述断面车速的分布, 这也在一定程度上体现了正态分布广泛的适用性, 因此拟定正态分布作为描述断面车速的分布形式.

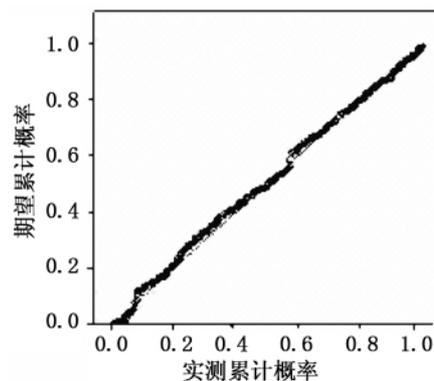


图 4 沈丹线 K65 + 570 所有车型正态分布 PP 图

表 1 不同断面分布检验结果

路段	类型	Gamma	Logistic	Normal	Weibull	选取
沈丹线 激光仪	所有车	192/8	188/3	92/31	138/19	Normal, Weibull
	小客车	195/5	148/15	107/25	160/16	Normal, Logistic
	大货车	171/5	145/9	91/19	123/20	Normal, Weibull
沈丹线 雷达枪	所有车	129/9	155/3	76/23	110/12	Normal, Weibull
	小客车	105/18	141/4	83/20	143/5	Normal, Gamma
	大货车	60/7	66/3	44/6	60/7	Normal, Weibull
沈大线	所有车	117/8	134/1	67/13	72/17	Normal, Weibull
	小客车	109/7	77/13	74/15	130/4	Normal, Logistic
	大货车	86/13	101/10	74/14	129/2	Normal, Gamma
沈山线	所有车	39/4	62/0	25/8	34/4	Normal, Weibull
	小客车	36/5	35/7	32/3	57/1	Normal, Logistic
	大货车	39/5	33/7	33/4	55/0	Normal, Logistic

表 2 断面运行车速 K-S 检验结果统计表

	K76 + 790		
	所有车型	小客车	大货车
K-S Z 值	0.802	0.588	0.793
双尾检验概率	0.541	0.880	0.555

然后需要定量检验正态分布, 本文采用单样本 K-S 检验对其进行拟合优度检验(如表 2). K-S 检验的结果表明绝大多数断面的 Z 值都大于 0.5, 双尾检验概率都大于 5% (个别断面由于样本量的原因双尾系数只是略大于 0.05), 其他断面检验结果都较好地符合正态分布特性. 将断面运行车速的频数分布图与正态分布频率分布曲线比较(如图 5), 可

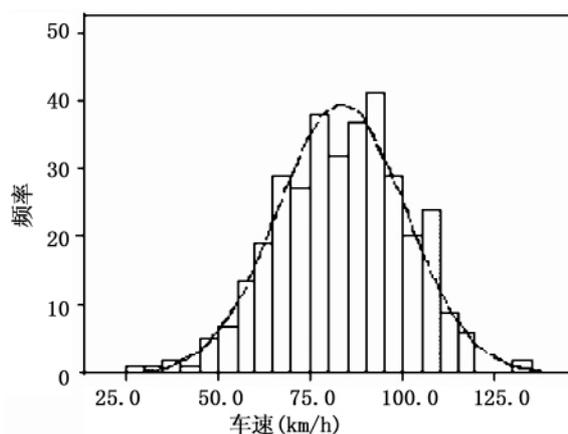


图 5 K76 + 790 所有车型运行车速频率分布曲线

以看出, 除了大货车由于样本量的关系, 其他断面与车型数据都能很好地用正态曲线描述. 因此通过定性与定量的分布检验可以确定用正态分布来描述此次调研的断面运行车速分布形式.

在行驶过程中, 不同驾驶员随所驾车辆及行车路段的不同, 其实际运行车速也不同, 目前国内外并没有一个统一的定义可以准确描述运行车速的涵义. 国外通常使用自由交通流状态下各类小汽车在车速累计分布曲线上第 85 位百分点的车辆行驶速度作为运行速度, 主要理由是: 在良好的行车环境下 85% 的驾驶员都不会超过这一驾驶水平; 通常情况下以小于 V_{85} 的速度行驶是安全的; 研究 V_{85} 与事故率的关系, 发现不同断

面的车速差、 V_{85} 与设计车速之差与事故率关系密切。在我国交通条件下,用 V_{85} 表征运行车速还存在着某些问题,它是否能准确表征公路运行车速特征还有待深入研究。

车速分布特征的指标包括车速的样本均值、样本方差、样本标准差、标准差系数(标准差与均值之比)、偏度、峰值等。本文在确定运行车速分布形式的基础上,分别计算各公路所有断面车速正态分布的特征参数如均值、标准差、 V_{85} 、 V_{15} 、 $V_{85}-V_{15}$ 、变异系数 C_V 等。结果表明:尽管不同断面不同车型的车速特征值绝对值之间差异较大,但不同断面相同车型的变异系数之间相差不多(A型车0.15~0.20,D型车0.15~0.30),这表明同一条道路的不同断面上,同类车型的车速变异程度不大,车速离散性较为一致。

4 结语

本次调研在对车辆运行影响因素分析的基础上,通过实地观测,对采集的断面车速数据进行统计分析,研究了断面车速的频率分布特性和分布形式,为进一步分析车速分布的特征参数、探讨各种特征指标与交通安全的关系,提出表征运行速度特征的指标,进行指标量化,以及后续的研究奠定了基础。

参考文献:

- [1] 林震,杨浩.基于车速的交通事故贝叶斯预测[J].中国安全科学学报,2003(2):34-36.
- [2] 杜博英.车速在道路安全审计中的作用[J].公路交通科技,2004(5):125-127.
- [3] 黄晓清.交通仿真在道路安全评价中的应用[D].上海:同济大学[硕士论文],2006.
- [4] JT/TB05-2004,公路项目安全性评价指南[S].
- [5] 阎莹,周宏敏.应用运行车速理论提高高速公路安全性调研报告[R].上海:同济大学交通运输工程学院,2008(4):1-38.
- [6] 苏金明,傅荣华,周建斌,等.统计软件SPSS系列应用实战篇[M].北京:电子工业出版社,2002.213-234.

Study on Operating Speed Distribution of Highway Cross-section

ZHOU Hong-min¹, MA Yu-cheng², WANG Jun³, YAN Ying¹

(1. School of Transportation Engineering Tongji University, Shanghai 200092; 2. Lin-Li Civil Engineering Consulting Co. Ltd., Shanghai 200092; 3. Transportation Office of Yibin, Yibin 644000, China)

Abstract: To study the characteristics of highway operation speed distribution and construct operation speed prediction model based on continuous alignment change, the research group conducts a highway cross-section operation speed survey by using laser emit-receive mode vehicle speed detector. Surveyed speed of different vehicle types and road sections is studied to observe its characteristics in different alignment combination, and is compared with the prediction by IHSDM and the Guidelines for Safety Audit of Highway. Then SPSS is used to statistically analyze the cross-section operation speed distribution and its characteristics, and finds that normal distribution is the most fitted among selected four distribution tests.

Key words: section operating speed; guidelines; laser emit-receive mode speed detector; SPSS; normal distribution
(责任编辑:王建华)