

高速公路交通噪声与 交通流状态的关系研究

胡永举

浙江师范大学, 交通学院, 金华 321004

摘要: 本文运用交通流理论、概率统计理论和噪声传播理论对高速公路交通噪声与交通流运行状态之间的关系进行研究, 分析了高速公路交通噪声的传播规律, 提出了通过交通噪声测量检测高速公路交通流状态的试验方法和参数设置原则, 并通过试验具体分析了交通噪声与交通流之间的相关关系。

关键词: 交通噪声; 交通流; 高速公路

中图分类号: U491.91

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2008)01-0006-05

Relation Between Expressway

Traffic Flow and Traffic Noise

HU Yong-ju

Transportation College, Zhejiang Normal University,
Jinhua 321004, Zhejiang, China

Abstract: Combining with the traffic flow theory, probability theory and noise spread theory, the relationship between the freeway traffic noise and traffic flow, and the law of traffic noise were analyzed in this paper; then, puts forward an experimental method and the parameter set principle with which the expressway traffic flow condition could be checked through noise detection; finally, the relationship between traffic noise and traffic flow was analyzed by the experimental method.

Key words: Traffic noise, traffic flow, expressway

收稿日期: 2006-12-01.

作者简介: 胡永举(1967-), 男, 满族, 黑龙江绥滨人, 浙江师范大学交通学院教授, 东北林业大学博士研究生。研究方向: 交通经济、交通管理与控制。

0 引言

交通事件发生的时间、地点是随机的，具有偶然性和不可预测性。高速公路和城市快速路基本上是全封闭的，且车辆运行速度较高，其发生事故比一般道路严重，对交通影响大，且易引起后继事故的发生。因此，快速有效的交通事件侦测对高速公路和快速路交通管理十分重要。

道路交通事件的侦测主要是利用计算机实时检测道路上检测器检测到的交通流数据，根据确定的事件判定算法，判定事件发生的时间和地点。目前，常见的交通检测器主要有：感应线圈检测器、微波多谱勒检测器、可见光视频检测器、红外线视频检测器、磁力计检测器、超声波检测器、声学检测器等。上述检测手段中，声学手段就是利用声波或振动的变化判断交通流状态，是较为经济和方便的一种检测方式。

1 高速公路交通流状态描述

1.1 高速公路车辆行驶特征

高速公路交通流状态在时间上和空间上是随机变化的，特别是在事故状态下是高度非线性、时变的，不可能实时准确地模拟或定量化，这是高速公路交通流随机性的一面。另一方面，高速公路运行的车辆有一定的速度限制，车与车之间可以用车头时距或车头间距等参数描述，这是交通流确定性的一面。所以，高速公路交通流是确定性和随机性的混合体^[1]。

高速公路是双向四车道以上，全封闭、全立交的车辆快速行驶通道。在中间路段，在正常情况下，车辆应该按照规定的速度范围、在规定的车道上行驶。《中华人民共和国道路交通安全法》规定，设计最高时速低于 70 km 的机动车，不得进入高速公路。高速公路限速标志标明车速最高 120 km/h。《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》具体规定为：高速公路应当标明车道的行驶速度，最高车速不得超过 120 km/h，最低车速不得低于 60 km/h。机动车车速超过 100 km/h，应该与同车道前车保持 100 m 以上距

离；机动车车速低于 100 km/h，应该与同车道前车保持不低于 50 m 距离。在高速公路路段中间，车辆应该是随机的自由车流。

1.2 高速公路随机车流的描述

通常情况下，我们可以通过车速 (v)、密度 (k)、流量 (q) 来描述交通流状态，如图 1 所示。

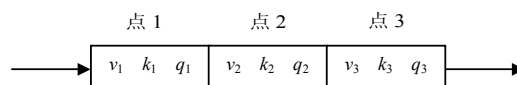


图 1 高速公路路段交通流描述

Fig.1 Traffic flow description on the expressway

由于高速公路全封闭，道路两侧 50 m 范围内无高大建筑物遮挡，因此，在路段中间，除背景声波外，主要的声波来源是道路上行驶的车辆，我们可以通过声波信息的获取，来判断路段的交通状况。我们可以将高速公路理解为血液流动的管道，车辆的通行类似血液在血管内流动，声波的高低类似脉搏的波动。正常情况下，脉搏会有规律地传递，而一旦出现脉动不规律，波动较大，我们可以通过“把脉”来给高速公路“诊病”。如图 1 所示，我们在路段上相隔一定的距离安装声波检测器，相隔一定的时段读取检测器数据，通过相邻检测点间的信息融合，可以判断路段的交通运行状况^[2]。

2 高速公路交通流状态检测方法

2.1 声波检测器的设置

由于高速公路具有中央分隔带，我们可以将声波检测器设置在这里。声波传播具有方向性，设置在分隔带上的检测器接收信号方向对准要检测方向的车道，同时要对后面传来的声音信号进行屏蔽处理。由于高速公路单向 2 车道以上，我们要针对具体路段根据车流调查数据，计算声级等效车道，安装在不同地点的检测器距等效车道距离相同，这样检测数据才具有可比性。检测器的安装位置一般距地面 1.2 m 处，与车辆的重心高度基本相同^[3]。

在高速公路上,在进出口处均有收费站或其他办公设施和办公人员,对于附近出现的交通非正常状况很容易观察。而对于中间路段,我们可根据具体情况,一般每隔 800~1 000 m 设置一个检测器,最简单、最常用的声波测量方式是测量计权 A 声级。具体设置方式见图 2。

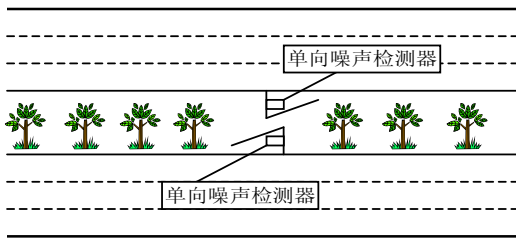


图 2 噪声检测器布置方式

Fig.2 Arrangement of the noise detections

2.2 声波的传播规律

声波从声源向周围空间传播时会产生发散,最简单的情况是假设以声源为中心的球面对称地向各个方向辐射声能。对于这种无指向性的声波,声强 I 和声功率 W 之间存在简单关系:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (1)$$

式中: r 为接收点与声源间距离,单位 m。

当声源放置在刚性地面上时,声音只能向半空间辐射,半径为 r 的半球面积为 $2\pi r^2$,因此,对于半空间接收点 $I = \frac{W}{2\pi r^2}$ 。可见,在自由声场中,当声功率不变,则声强与距离的平方成反比。对于高速公路上行驶的车辆,对于单个车辆我们可以将其视为点声源,将路面看作刚性全反射体。那么,我们可在路边测得车辆行驶的声压级,距离车辆距离为 r 处的声压:

$$L_p = L_W - 20\lg r - 8 \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

式中, L_W 是车辆本身的声压级,其声压随距离 r 变化的衰减量为 $20\lg r$,当车辆由近处 r_1 运行至远处 r_2 时,声压的衰减量为^[3]:

$$A_d = 20\lg \frac{r_1}{r_2} \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

如果车辆噪声为 70 dB,那么,距车辆距离为 15 m、22.5 m、30 m 处的声压的衰减量分别为: 6 dB、9.5 dB、12 dB。

2.3 参数设定方法

检测器采样的时间间隔要求满足:对每个经过的车辆都不能遗漏,同时又要避免对同一车辆的多次计量。我们以单向三车道为例,假设车辆在路段中的正常行驶速度为 80~120 km/h,安全车头时距范围为 3~3.6 s。通常情况,高速公路车流量不超过 900 veh/lane·h,按每车道 900 veh/lane·h,将三条车道视为一条等效车道,单向每小时流量为 2 700 veh。在车流量相对较小的情况下,我们可以假设车辆到达服从泊松分布,即在计数时间间隔 t 内到达 k 辆车的概率为 P_k ,则有^[4]:

$$P_k = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (4)$$

由假设条件可知, $\lambda = 0.75 \text{ veh/s}$ 。当 $t = 1 \text{ s}$ 时,计算得: $p_1 = 0.354$, $p_2 = 0.132$;当 $t = 0.5 \text{ s}$ 时,计算得: $p_1 = 0.228$, $p_2 = 0.04$, $p_3 = 0.005$ 。可见,如果取样时点间隔为 0.5 s,可能会出现多辆车同时到达可能性小于 5%,也就是单点计数的准确率在 95% 以上,所以,采样时点间隔不能大于 0.5 s。

3 试验过程及分析

具体的试验方案如下:

(1) 测量时间: 2006 年 4 月 27 日上午 8:00~10:00, 采样总时间 120 min, 取样间隔时间 5 min。天气晴朗,微风。

(2) 监测点的选取: 由于条件限制,难以进入高速公路的隔离带测量,最后选择了 202 国道黑大公路距哈平路 1.5 km 处,见图 3。使用杭州爱华仪器有限公司制造的 AWA5610D 型积分声级计进行测量。202 国道黑大公路是双向 2 车道,车道宽 3.5 m。

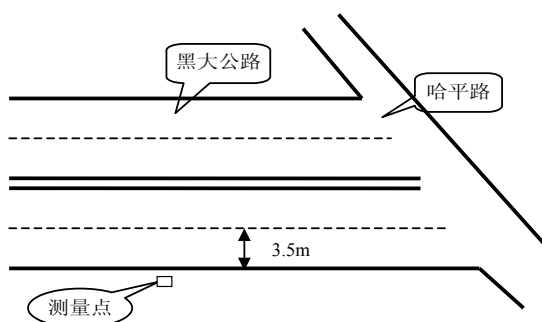


图3 测量点位置

Fig.3 Detective position

(3) 噪声测量结果 (表1)

表1 声级计测量数据

Tab.1 Sound level meter data

序列号	L_{eq}/dB	L_{max}/dB	L_{AE}/dB	$Q/(pcu/h)$
1	76.0	98.7	103.8	90
2	73.3	93.8	101.1	88
3	75.1	95.6	102.9	89
4	76.0	98.1	103.8	92
5	78.4	101.1	106.2	97
6	76.9	102.1	104.7	86
7	76.6	95.1	104.4	97
8	78.7	99.9	106.5	102
9	78.5	100.5	106.3	90
10	78.9	101.7	106.7	104
11	77.4	99.3	105.2	90
12	80.6	103.9	108.4	111
13	77.7	99.4	105.5	90
14	75.5	96.6	103.3	88
15	77.3	97.1	105.1	89
16	77.6	101.1	105.4	92
17	77.6	100.5	105.4	97
18	76.0	100.9	103.8	86
19	75.5	94.7	103.3	84
20	78.0	100.4	105.8	90
21	77.4	96.9	105.2	95
22	77.5	99.8	105.3	104
23	75.6	94.6	103.4	90
24	79.3	102.7	107.1	111

(4) 数据处理

根据收集的数据,运用统计分析的方法来研究交

通噪声与交通流量的关系。文中数据分析运用 SPSS 统计软件,首先采用相关分析中的距离相关分析,寻找与交通流量关系最为密切的交通噪声计量方式。然后进行一元线性回归分析,其结果见表 2^[5]。

表2 相关系数矩阵

Tab.2 Correlation coefficient matrix

	L_{eq}	L_{ma}	L_{AE}	q
L_{eq}	1.000	0.813	1.000	0.730
L_{ma}	0.813	1.000	0.813	0.535
L_{AE}	1.000	0.813	1.000	0.730
q	0.730	0.535	0.730	1.000

表中数据用距离相关分析中的相似性分析。由表中数据可知,流量(q)与等效连续声级(L_{eq})和声暴露级(L_{AE})之间的关系同样密切,因此,要对 $q-L_{eq}$ 和 $q-L_{AE}$ 分别进行线性回归。

声级计测量数据(表1)中,交通量(q)与等效连续声级(L_{eq})之间线性回归分析结果:

$$L_{eq} = 0.153q + 62.771 \quad (5)$$

式中, L_{eq} 为等效连续声级,单位为分贝(dB); q 为交通量,单位为标准小汽车(pcu)。

声级计测量数据(表1)中,交通量(q)与声暴露级(L_{AE})之间线性回归分析结果为:

$$L_{AE} = 0.153q + 90.571 \quad (6)$$

式中, L_{AE} 为声暴露级,是单次噪声事件的评价量,单位为分贝(dB); q 为交通量,单位为标准小汽车(pcu)。

4 结束语

本文利用 SPSS 统计分析软件对高速公路交通噪声和交通流量测量数据进行分析,得出交通量(q)与等效连续声级 $L_{eq}(dB)$ 、声暴露级 $L_{AE}(dB)$ 之间存在的相关关系。本试验数据的分析结果为: $L_{eq} = 0.153q + 62.771$; $L_{AE} = 0.153q + 90.571$ 。交通量(q)与等效连续声级(L_{eq})、声暴露级(L_{AE})之间的相关系数 R 均为 0.73。通过试验进行的交通流量与噪声间的关

下转第 19 页

纹, 目的是警告用户收视截止期以到。

- 关断

关断用户的收视信号, 使用户不能收到任何电视信号, 也杜绝了传统寻址系统不能完全控制收视信号的弱点。

(3) 功能强大

一秒钟内能开通网内所有的用户; 并在一秒钟内恢复网内各用户的收视状态; 发码速度快。

(4) 其它特点

- 可靠性高
- 安全性高

- 信号无损伤
- 管理功能完善
- 分配网络规范

7 结束语

随着电视网络、通信以及计算机三网合一新兴产业的发展, CATV 自动寻址与收视控制信息系统是进行收视控制的强有力技术手段, 是未来数字化网络结构中重要的传输环节和必要的措施。

参考文献

- [1] 谢希仁, 陈 鸣, 张兴元. 计算级网络[M]. 北京: 电子工业出版社, 1994.
- [2] 郑学坚, 周 斌. 微型计算机原理及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.
- [3] 冉启文. 小波变换与傅里叶变换理论与应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2001.
- [4] 周东华, 孙优贤. 控制系统的故障检测与诊断技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.

~~~~~  
上接第 9 页

系研究, 为我们提供了一种新的交通状态的侦测方法, 即我们可以通过噪声值的检测, 分析判定交通运

行状态。

### 参考文献

- [1] 史忠科, 黄辉先等著. 交通控制系统导论[M]. 北京: 北京科学出版社, 2003.
- [2] Hussein Dia and Geoff Rose. Development and evaluation of freeway incident detection models [J]. Transportation Research, 1997, (5): 313-331.
- [3] 冯 晓, 陈思龙等 编著. 道路机动车污染测评技术与方法[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [4] 徐岩宇, 徐岩涛. 一种基于 ATMS 的动态交通事件检测系统[J]. 公路交通科技, 1998, (3): 30-33.
- [5] 李志辉, 罗 平. SPSS for windows 统计分析教程 (第 2 版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.