

文章编号:1671-8879(2006)02-0077-04

高速公路隧道交通环境评价指标体系

张生瑞, 马壮林

(长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064)

摘要:根据高速公路隧道交通流变化规律及交通运行环境特性,提出了高速公路隧道交通环境评价指标选取的原则,从最佳服务水平、最小运营费用的角度出发,按照各种评价指标对高速公路隧道交通运行环境影响的显著程度,采用德尔菲法和主成分分析法对指标进行对比分析,从交通影响因素指标、环境影响因素指标、动态影响因素指标 3 个方面,建立了高速公路隧道交通运行环境评价指标体系,并探讨了各评价的功能,旨在为高速公路隧道交通运行环境评价的实施提供理论基础。最后,对京珠高速公路粤境韶关段隧道的交通环境评价指标进行实证分析。结果表明,该评价指标体系简便实用,符合实际。

关键词:交通工程;高速公路;隧道;交通环境;评价指标

中图分类号:U491.13; U459.2 **文献标识码:**A

Evaluation Indices for Traffic Environment of Expressway Tunnel

ZHANG Sheng-rui, MA Zhuang-lin

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: According to the changing rule of traffic flow and the characteristics of traffic running environment in expressway tunnel, this paper puts forward the selecting principle for evaluation indices of traffic environment in expressway tunnel. From the views of optimal service level and the minimum running cost, the evaluation indices are analyzed with Delphi and the Main-Element Analytical Method. According to the affecting degree of various indices on the traffic running environment, an evaluation indices system for traffic running environment is established, which is composed of three aspects: traffic effect factor indices, environment effect factor indices and dynamic effect factor indices. The function of each index is also discussed in order to offer theoretical base for the evaluation of traffic running environment of expressway tunnel. This evaluation indices system is applied in evaluating the Beijing-Zhuhai expressway tunnel in China. The results indicate that the evaluation indices system is easy to be used and is accord with the practice condition. 1 fig, 7 refs.

Key words: traffic engineering; expressway; tunnel; traffic environment; evaluation index

0 引言

近年来随着山区高速公路的修建,公路隧道越来越多地出现在公路建设中,公路隧道为克服高程

障碍、缩短线路长度、提高道路的可靠性和安全性起到了重要的作用^[1]。公路隧道属公路特殊构造物,是公路交通的咽喉路段,公路隧道运营环境的好坏将直接影响着隧道所在路段的整体交通状况。

收稿日期:2005-02-20

作者简介:张生瑞(1963-),男,陕西佳县人,副教授,博士后。

国内外在公路隧道运营环境中的空气污染、噪声污染方面的研究已经取得了一些成果,如美国联邦公路管理局(FHWA)以及福特(FORD)公司、通用(GM)汽车公司等,先后在营运的公路隧道内,通过测试机动车污染物浓度来研究隧道空气污染状况^[2]。中国学者邓顺熙等人(1999年)从大气扩散方程出发建立了一般公路隧道的空气质量方程,在此基础上导出隧道内空气的解析模式,从而计算出隧道内空气污染物浓度的分布^[3]。师利明等人(1998年)从声学理论出发研究了公路隧道内噪声的预测方法^[4]。上述研究并没有从整体上系统地分析隧道的运营环境,也没有充分考虑其他因素对隧道运营环境的影响。因此,为了对隧道运营的整体效果做出定性、定量的分析与评价,本文根据高速公路隧道的运营特性,从隧道交通环境的影响因素出发,建立了高速公路隧道交通环境评价指标体系。

1 评价指标体系构建原则

(1)系统性。高速公路隧道交通环境评价是一个涵盖多因素、多目标的复杂系统,评价指标体系应力求全面反映各隧道的综合情况,既能反映交通流运行状况,又能正确反映交通流与通风、照明等机电设施的关联特性,以保证评价的全面性和可靠性。

(2)科学性。评价指标体系一定要建立在科学的基础上,指标概念必须明确,并能客观、真实、合理地反映隧道运行环境的内涵。

(3)实用性。评价指标体系应当层次清晰、指标精炼、方法简捷,使之具有实际应用和推广价值。同时,选取的评价指标要有可操作性,指标含义明确易于被理解,指标量化所需资料收集方便,能够用现有方法和模型求解。

(4)独立性。高速公路隧道运行环境评价的指标与指标之间应是相互补充、相互协调的,充分考虑指标之间的相关性,避免指标之间的重复与冲突,实现指标体系的最优化。

2 评价指标体系的构建

2.1 指标体系的初选

通过对隧道的影响因素分析,在初步拟定的指标体系基础上,作进一步归类整理,使之条理化后形成的一套指标体系。隧道交通环境影响因素很多,根据指标构建原则和实地交通调查数据、参考资料,根据指标自身的特点,将主要评价指标分为交通功能指标、环境影响指标、其他影响因素等三类指标

(准则层)。

第一类:交通功能指标。反映高速公路隧道交通流运行状况,如交通量、车速、密度、车头时距、车型比例、高峰小时流量比、通行能力适应度等,该类指标从交通流特性方面描述高速公路隧道交通运行状况。

第二类:环境影响指标。从隧道内通风、照明系统等方面描述高速公路隧道群交通运行状况;从隧道内的空气环境、声环境的影响程度及驾驶员的视觉特性等方面建立评价指标,具体指标包括:

(1)CO、SO₂、NO₂、TSP、PM₁₀排放量浓度。CO是隧道内车辆排放主要污染物之一,其排放量是衡量隧道环境和空气质量的重要指标;另外SO₂、NO₂、TSP(总悬浮颗粒物)、PM₁₀(可吸入颗粒物)也是隧道车辆排放的主要污染物,其的浓度也是隧道内环境好坏的主要标准。

(2)隧道照明亮度。亮度是指观察者接受到的明亮程度。道路表面的亮度对能否清晰地看到目标起了非常重要的作用。

(3)统计噪声等级 $L(10)$ 、 $L(50)$ 、 $L(90)$ 。是指某点噪声及有较大波动时,用于描述该点噪声随时间变化状况的统计物理量,一般用 $L(10)$ 、 $L(50)$ 、 $L(90)$ 等指标表示。

(4)等效连续声级。在某规定时间内A声级的能量平均值,又称等效连续A声级,用 L_{eq} 表示,单位为dB(A)。

第三类:动态影响指标。反映随机因素对高速公路隧道交通运行状况的影响,定性描述高速公路隧道交通的运行状况。该类指标有:天气(包括气温、日降雨量、日照数等)和超载等。

2.2 评价指标的筛选

初选后的指标体系未必是满意的,还必须对初选的指标体系进行完善化处理。分析每个指标的计算方法、计算范围及计算内容的正确性,并对指标体系中指标的重要性、必要性及完备性进行分析。

(1)重要性是指各评价指标的重要程度。一般利用德尔菲法对初步拟出的指标体系进行调查分析。如设指标体系中某层次(或某子指标集合)有 m 个指标,请 n 位专家评议。设 E_{ij} 为指标 i 第 j 级重要程度的量值(一般将重要程度分为5级,即 $E_{ij}=1, 2, 3, 4, 5$,分别代表:极重要、很重要、重要、一般、不重要); n_{ij} 为对第 i 个指标评为第 j 级重要程度的专家人数。则有第 i 个指标专家意见的集中程度 \bar{E}_i 为

$$\bar{E}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^5 E_j n_{ij}$$

\bar{E}_i 的大小确定了指标 i 重要程度的大小,反映了 n 个专家的评价期望值。

(2)必要性是指构成指标体系的所有指标从全局考虑是否都是必不可少的,有无冗余现象。若指标体系中存在着高度相关的指标,会影响评价结果的客观性。为此,必须对指标体系进行相关分析。

(3)完备性是指指标体系是否已全面地反映和测度了高速公路隧道运营环境的主要特征。一般通过定性分析进行判断。

在初选的隧道交通运行评价指标中,先通过德尔菲法(专家调查法)确定重要指标,剔除一些对评价结果无关紧要的指标,再通过指标之间的关联性来进行筛选。如交通量与速度、密度、废气、烟雾排放量和隧道噪声等有直接关系,可先剔除交通量等直接相关指标;在环境评价指标方面,对于多种污染气体的排放数据,为了找出主要影响因子,可以通过德尔菲法或主成分分析法筛选出主要影响指标。另外,还应考虑到高峰小时交通量对隧道设施和交通运行环境的影响,从而在所有隧道交通运行的影响因素中,筛选出主要影响因素。

3 实证研究

京珠高速公路粤境韶关段全长 54.21 km,含长隧道 3 座(靠椅山隧道、大宝山隧道、宝林山隧道),短隧道 1 座(五龙岭隧道),隧道全长约 24 km,约占韶关路段长度的 45%。该段所处地段为山岭重丘区,隧道路段设计时速 100 (km · h⁻¹),隧道所处地区雷雨天气较多,属于多雷多雾区。又因该路段有高边坡十几处,且车流以重型车、大型车为主,故属于事故隐患区域。

3.1 评价指标的确定

根据京珠高速公路粤境韶关段隧道的运营特征和实际调查情况,充分考虑隧道长度、车速、交通量、通风、照明效果等影响因素,应用上述指标选取方法,本文建立了如下的高速公路隧道运营环境评价指标体系(图 1)。评价指标体系主要由三部分组成:①交通影响因素指标,从高速公路隧道交通状况方面考虑,包括平均车速、车头时距、车型比例、高峰小时流量比、通行能力适应度,这些影响因素从交通流特性方面描述高速公路隧道运营状况;②环境影响因素指标,从高速公路隧道内的空气环境、声环境的影响程度以及驾驶员的视觉特性等方面考虑,包

括 CO 浓度、PM₁₀ 浓度、等效声级、照明亮度,这些影响因素从隧道内的通风、照明系统等方面描述高速公路隧道运营状况;③动态影响因素指标,从随机因素对高速公路隧道运营状况的影响方面考虑,包括天气、超载,这些影响因素从定性方面描述高速公路隧道运营状况。

3.2 评价指标的说明

3.2.1 交通影响因素指标

(1)平均车速(km · h⁻¹)。车辆通过道路某断面时,某时间内车速分布的平均值,称为时间平均车速,简称平均车速。由于隧道内各区段的环境状况差异较大,在隧道的不同区段,车辆的运行速度也不同。在评价过程中,应对隧道的入口段、中间段、出口段分别监测一定的样本量的瞬时速度,然后再分别计算平均车速。

(2)车头时距(m)。在同向行驶的一列车队中,两辆连续行驶的车辆的 车头驶过某一点的时间间隔,称为车头时距。

(3)车型比例(%)。指在隧道处路段上行驶的车辆中,各种车型所占的比例。由于不同车型的 车辆行驶速度存在较大差距,势必存在超车现象,这给隧道运营状况带来一定的安全隐患。此外,不同类型车辆,其污染物排放量显著不同。

(4)高峰小时流量比(%)。高峰小时交通量占该天全天交通量之比,称为高峰小时流量比。高峰小时流量比反映高峰小时交通量的集中程度,对隧道内的通风、照明系统有一定的影响。

(5)通行能力适应度。实际交通量与隧道设计通行能力之比,称为通行能力适应度。由于隧道是高速公路中交通流的主要瓶颈路段之一,因此对隧道作交通适应性分析是十分必要的。

3.2.2 环境影响因素指标

(1)CO 浓度(mg · m⁻³)。指在评价地段大气环境中 CO 污染物的浓度,通过 CO 检测仪测得。

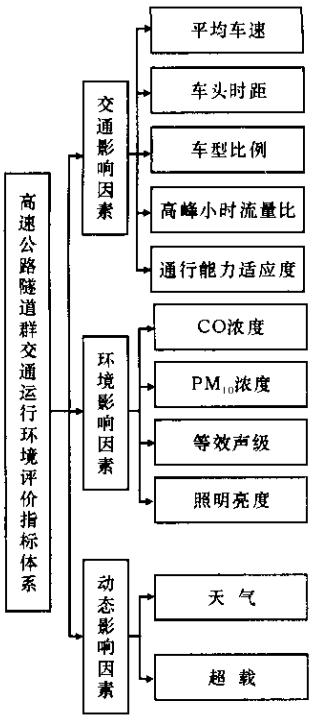


图 1 高速公路隧道运营环境评价指标体系

(2) PM_{10} ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)。指粒径小于 $10 \mu\text{m}$ 的悬浮颗粒物在评价地段大气环境中的浓度,通过 DLJ-92 型光学粒子计数器测得。风速、相对湿度和气压是影响 PM_{10} 浓度的主要地面气象要素。风速或气压增大, PM_{10} 浓度降低;相对湿度增大, PM_{10} 浓度增加。

(3)等效声级(dB(A))。用被测时段内能量平均值来表示该时段的等能量声级,称为等效声级,记为 Leg 。由于交通噪声是随时变化的,不能用某一时间的某一测定值来表示其声级,而环境噪声标准中都采用 A 声级。因此,用一个在相同时间内声能与之相等的连续稳定的 A 声级来表示该时段内不稳定噪声的声级。

(4)照明亮度($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)。指观测者接受到的某个表面的明亮程度。由于隧道内外亮度变化对驾驶员的影响,在实际观测中,应分别考虑隧道入口段、中间段、出口段的平均亮度。

3.2.3 动态影响因素指标

(1)天气。指隧道所处路段的天气对隧道运营环境的影响程度。天气变化对隧道运营环境的影响较大,气温的高低、阴雨天等都会带来一定的不利影响。由于天气的影响涉及较多复杂因素,为评价天气影响因素对隧道运营环境的影响,可考虑选取气温、日降雨量、日照数 3 个主要指标,并采用模糊评价的方法综合分析。

(2)超载。一般来说,在公路上行驶的车辆和工程机械,其总质量、轴载质量、外形尺寸有一种超过限值标准,便是公路超限运输。具体限值标准可分为 6 种,即单轴轴载质量限值、双联轴载质量限值、车货总质量限值、车货总高度限值、车货总长度限值和车货总宽度限值。目前,超载已经对道路及安全运营带来很大的不利影响,由于超载涉及许多因素难以量化,所以可采用货车超载率或模糊评价的方法分析。

4 结 语

(1)公路隧道运营环境的好坏直接影响着隧道所在道路的整体交通状况。

(2)从隧道运营环境的影响因素出发,根据影响交通环境的交通流、车型组成、照明、通风状况等指标,建立了隧道运营环境的评价指标体系,为隧道的监控系统、通风系统、照明系统、道路安全等设施的

评价和改进提供理论基础。

(3)中国在高速公路隧道运营环境评价方面的研究和应用刚起步,其评价指标的确定还有待进一步研究和完善。

参考文献:

References:

- [1] 刘浩学,王生昌,王贺武,等.隧道坡度因素对柴油车烟雾排放量的影响[J].交通运输工程学报,2002,2(4):46-48.
LIU Hao-xue, WANG Sheng-chang, WANG He-wu, et al. Effect of Road Gradient in Highway Tunnel on Smoke Emission of Diesel Vehicle[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2002,2(4):46-48.
- [2] Steven N R, Tom D. Gaseous Emission from Vehicles in A Tunnel in Vancouver[J]. Air and Waste Manage. Assoc., 1998,34:604-615.
- [3] 邓顺熙,刘人通.公路隧道空气质量模式及应用[J].西安公路交通大学学报,2000,20(2):27-30.
DENG Shui-xi, LIU Ren-tong. Roadway Tunnel Air Quality Models and Their Applications[J]. Journal of Xi'an Highway University, 2000,20(2):27-30.
- [4] 师利明,罗德春,邓顺熙.公路隧道内噪声预测和降噪措施的理论研究[J].中国公路学报,1999,12(增刊):101-105.
SHI Li-ming, LUO De-chun, DENG Shun-xi. Theoretical Research on Noise Prediction and Measures of Reducing Noise in Highway Tunnel[J]. China Journal of Highway and Transport, 1999,12(Sup):101-105.
- [5] Johannes S. Emission Factors from Road Traffic from A Tunnel Study (Gubrist Tunnel, Switzerland)[J]. Atmos. Environ., 1998,32(6):999-1009.
- [6] 王生昌,李百川.公路隧道汽车污染物基准排放量[J].长安大学学报:自然科学版,2005,25(1):77-81.
WANG Sheng-chang, LI Bai-chuan. Criterion Emission Amount of Automotive Pollution in Highway Tunnel[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005,25(1):77-81.
- [7] 胡宇峰,陆志良.汽车隧道内气流及污染问题研究[J].中国公路学报,2004,17(4):109-113.
HU Yu-feng, LU Zhi-liang. Ventilation and Pollution Characteristics of Vehicle Tunnel[J]. China Journal of Highway and Transport, 2004,17(4):109-113.