

关于路段环境交通容量的探讨

王振报¹ 曲 璠²

1. 北京工业大学, 交通研究中心, 北京 100022

2. 河北安居房地产开发集团公司, 邯郸 056001

摘 要: 本文运用机动车尾气扩散箱型模式建立路段环境交通容量计算模型。考虑满足环境空气质量标准和保证路段的通行能力, 主要通过降低机动车污染物排放因子, 并得出了相应的计算模型。最后对北京某路段环境交通容量进行初步计算分析。该模型的提出可为城市规划、交通规划和交通管理决策提供参考。

关键词: 城市环境; 环境交通容量; 路段; 污染物排放因子

中图分类号: U491.92

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2005)01-0108-05

Discussion of the Environment Traffic Capacity of Highway Section

WANG Zhen-bao¹ QU Fan²

1. Transport Research Center,

Beijing University of Technology, Beijing 100022, China

2. Hebei Anju Real Estate Development Corporation,

Handan 056001, China

Abstract: The calculation model of the environmental traffic capacity about highway section is put forward through utilizing the box model of vehicle exhaust gas in this paper. In order to meet the definite environmental quality criterion and achieve the highway capacity, reducing vehicle pollutant emission factor is mainly taken into account, and its calculation model is concluded. At last, the environmental traffic capacity of a road section in Beijing city is analyzed and calculated primarily. This model will offer some reference to the decision-making of urban planning, traffic planning and management.

收稿日期: 2004-12-13.

作者简介: 王振报(1978-), 男, 黑龙江铁力市人, 北京工业大学交通研究中心硕士研究生, 研究方向: 交通规划理论及方法。

Key words : Urban environment, environmental traffic capacity, highway section, pollutant emission factor

0 引言

目前,我国一些大城市机动车尾气污染问题日趋严重。人们对机动车污染问题反应开始日益强烈。特别是城市道路附近的 CO 污染也日益严重,一些城市的 O₃ 等二次污染物浓度的超标频率逐渐提高,超标持续时间也不断增加。在北京和广州,不仅城市交通密集区域和主要干线两侧浓度超过国家二级标准,整个城区的平均浓度也经常超过国家二级标准,所以在交通规划中要充分考虑城市交通环境污染问题。本文从空气环境质量标准出发,对路段的环境交通容量进行分析,建立路段环境交通容量模型和机动车污染物排放因子规划目标值计算模型;最后对北京某路段进行实例计算分析。

1 微观环境交通容量

城市环境交通容量是指城市一定区域内,在一定的道路、交通状况、环境质量标准下所能容纳的最大机动车数量。不同城市与其所处的自然条件、人文经济、环境质量标准、社会活动、机动车所用燃料、机动车尾气排放的控制条件、方法及对城市环境污染的贡献率等不同,因而,其城市环境交通容量的大小、因素指标的选取和计算方法的采用也就不同^[1]。

环境交通容量有宏观和微观之分,微观层面上的环境交通容量指某一具体路段或交叉口在一定的道

路、交通和环境质量标准下,单位时间内所能够通过的最大机动车数量。宏观层面上的环境交通容量针对整个路网或城市,是指城市在满足一定的环境质量标准条件下对城市交通系统的发展规模提出的约束。本文主要探讨大气污染环境质量标准条件下的路段环境交通容量。其主要影响因素包括环境质量标准,机动车污染物浓度分担率、机动车污染物排放因子、机动车尾气扩散模式等。

1.1 大气环境质量标准

机动车排放污染物主要有一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物、铅化合物以及由氮氧化物与碳氢化合物经光化学反应而生成的二次污染物光化学氧化剂等。而一氧化碳和氮氧化物是机动车排放量大、对人类危害大的气体污染物,受到最为广泛的关注,是交通环境污染研究的主要对象。我国于 1996 年颁布了《环境空气质量标准》(GB3095—1996),规定了各种污染物的浓度标准。

1.2 机动车污染物分担率

机动车污染物分担率有污染物排放量分担率和污染物浓度分担率两种。机动车排放分担率反映了机动车排放占城市大气污染物排放总量的比例。清华大学环境科学与工程研究院 1995 年的研究结果表明,机动车排放已经成为北京市大气污染的一个主要来源,其中 CO 的排放量全年分担率已经达到 76.8%,NO_x 的排放量分担率也有 40%,各区域机动车污染物 CO 和 NO_x 浓度及其污染浓度分担率见表 1^[2]。由

表 1 北京市各区域 CO、NO_x 浓度及年分担率

Tab.1 The concentration and share ratio of CO and NO_x in Beijing

	CO/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO _x /($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO 分担率/(%)	NO _x 分担率/(%)
四环外	1 436.9	87.4	73.0	67.0
三四环间	2 087.2	141.0	78.4	68.6
二三环间	2 916.2	201.6	83.3	72.1
二环内	3 865.3	236.8	86.3	72.0
全市平均	1 955.9	125.0	76.5	68.4

表 1 看出机动车污染浓度分担率的空间分布相对比较均匀,两种污染物浓度随着区域从郊区向市中心的推移,均呈现明显的递增趋势。机动车污染分担率也随着区域由郊区向市中心的推移而呈递增趋势。

1.3 机动车污染物排放因子

排放因子是指单辆机动车行驶单位里程排放的污染物质,一般以 g/km 为单位来表示。它是反映机动车排放状况的最基本参数,也是确定机动车污染物排放总量及其环境影响的重要依据。综合排放因子是机动车在实际道路上运行时单辆机动车行驶单位里程排放的污染物质,不仅取决于机动车排放控制水平、运行的工况条件、使用年限和累计行驶里程,车辆的维护保养状况、油料特征以及运行的环境条件等最终都会影响机动车的实际排放。这些复杂因素的综合作用结果是通过排放因子计算模式来反映的。目前,世界上应用最广泛的模式是 MOBILE 模式,我国现阶段主要根据各城市、地区的实际情况,对 MOBILE 模式的参数进行修正,得到具体城市、地区的污染物综合排放因子。

1.4 机动车尾气扩散模式

城市道路汽车尾气扩散模式是进行城市道路交通大气环境质量影响评价和防治对策研究必须首要解决的问题。其污染物的扩散主要受街道建筑结构、风向、风速和日照的影响。国内外先后建立了一些模型来模拟计算街道峡谷内流场分布及污染物的浓度分布。常用的汽车尾气扩散模式有湍流扩散(数值)模式、高斯型(统计)模式、箱型(经验)模式。在城市道路中,由于空气流场、街道结构的复杂多变,常与其理论依据不相一致,污染物浓度计算难以奏效;箱型模式由于计算方法简单,适用性强,通过参数确定,可以计算得到与实际情况比较符合的结果^[3]。

2 路段环境交通容量模型

对于机动车尾气扩散模式本文建议采用运用量纲分析法求导出的箱型模式。该模式假设箱体是由道

路和道路两侧建筑物(平均高度)构成,污染物在箱内瞬时扩散,箱体内污染物浓度只受排入道路内的尾气污染物排放量、沿道路方向气流和垂直方向气流输送的影响,箱体内不发生化学反应。影响汽车尾气污染物质量浓度变化的主要因素是:污染物源强 Q (与车流量、污染物排放量等有关)、道路几何尺寸(长 L 、宽 W)、道路两侧建筑物平均高度 H 和扩散距离 l , 正常气象条件下的气象因子(风速 \bar{u} 、大气稳定度、风向与道路的夹角 ϕ) 影响较小。另一方面,汽车尾气在街道内的扩散主要决定于街道内形成的小尺度和微尺度环流,影响流场的主要因子是自然风与街道的相互作用,稳定度的影响较弱^[3]。所以该模式中考虑的和污染物扩散浓度相关的因素有 Q_{Lij} 、 L 、 W 、 H 、 \bar{u} 、 ϕ 和 l_0 。具体分析过程详见参考文献^[3],其普遍式为

$$C_{ij} = \frac{Q_{Lij}}{\bar{u}(\sqrt{x^2 + z^2 + l_0})} [K_1 \sin^2 \phi + (K_2 L/W) \cos^2 \phi] \quad (1)$$

式中, C_{ij} —— i 路段机动车尾气产生的 j 种污染物扩散浓度, mg/m³;

Q_{Lij} —— i 路段机动车产生的 j 种污染物的源强, mg/(m·s);

\bar{u} —— 计算点附近风速, m/s;

x 、 z —— 分别为污染源中心到监测点的水平距离和垂直距离, m;

l_0 —— 初始扩散尺度, m;

K_1 、 K_2 —— 分别反映垂直风和平行风时街道结构对污染物浓度分布的影响,因不同城市及道路类型而异,由实测或实验数据确定;

L 、 W —— 分别为道路的长度和宽度, m;

ϕ —— 风向和道路的夹角。

路段机动车污染物排放源强计算公式^[4]为

$$Q_{Lij} = \frac{EF_{ij}^{PCU} \cdot V_i^{PCU}}{3600} \quad (2)$$

式中, EF_{ij}^{PCU} —— i 路段机动车的 j 种污染物的标准小汽车单位排放因子, g/(PCU·km);

V_i^{PCU} —— i 路段的标准小汽车交通流量, PCU/h。

路段在一定的环境质量标准限制下控制点的污染物浓度为 $\eta_{ij} \cdot C_{ij}^S$, η_{ij} 为 i 路段机动车产生的 j 种污染物的浓度分担率, C_{ij}^S 为 i 路段所采用的 j 种污染物的环境质量标准浓度。现假设 \bar{u} 和 ϕ 一定的情况下, 由公式 (1)(2) 得 i 路段 j 种污染物的环境交通容量

$$V_{ij}^{PCU} = \frac{\eta_{ij} \cdot C_{ij}^S \cdot \bar{u} \cdot (\sqrt{x^2 + z^2} + l_0)}{\left[K_1 \sin^2 \phi + \frac{K_2 L}{W} \cos^2 \phi \right] \cdot EF_{ij}^{PCU}} \times 3600 \quad (3)$$

所以, i 路段的环境交通容量

$$C_{iET} = \min \{ V_{ij}^{PCU}, j=1, 2, \dots \} \quad (4)$$

由于车速、风速和 ϕ 等因素的随机性, 所以, 为了保证绝大多数情况下路段附近的环境质量达到标准要求的环境交通容量还有待进一步研究。当 C_{iET}

$C_{i设}$ (路段设计通行能力) 时, 路段既满足了一定的通行能力又达到了环境质量标准要求; 当 $C_{iET} < C_{i设}$ 时, 本文主要考虑降低机动车污染物排放因子, 使路段附近环境质量达到标准要求。

3 机动车污染物排放因子规划目标值的确定

假设绝大多数情况下 i 路段附近的环境质量达到标准要求, j 种污染物的环境交通容量为 V_{ijS}^{PCU} , 对于特大城市现有道路两侧建筑结构形式以及污染物浓度分担率相对变化不大的情况下, 即假设环境交通容量为 V_{ijS}^{PCU} 时的参数 K_1 、 K_2 和 ϕ 保持不变, 为了保证现有路段的设计通行能力 $C_{i设}$, 由公式 (3) 得

$$EF_{ijP}^{PCU} = \frac{V_{ijS}^{PCU} \cdot EF_{ij}^{PCU}}{C_{i设}} \quad (j=1, 2, \dots) \quad (5)$$

$$EF_{jP}^{PCU} = \min \{ EF_{ijP}^{PCU}, i=1, 2, \dots \} \quad (6)$$

式中, i —— 路网中路段的编号;

EF_{ijP}^{PCU} —— i 路段机动车的 j 种污染物的标准小汽车单位排放因子规划目标值, $g/(PCU \cdot km)$;

EF_{jP}^{PCU} —— 机动车的 j 种污染物的标准小汽车单位排放因子规划目标值, $g/(PCU \cdot km)$ 。

4 实例分析

选择 CO 为环境污染浓度控制因子, 采取《环境空气质量标准》(GB3095—1996)规定的二级空气质量标准, CO 小时平均浓度为 $10.0 \text{ mg}/\text{m}^3$, 应用于北京新外大街的环境交通容量计算。新外大街为城市主干路, 双向共六条机动车道 (设计通行能力 $C_{i设} = 6000 \text{ PCU}/\text{h}$); 走向近于南北, 宽为 40 m , 道路两侧建筑物平均高度 22 m 左右。环境污染浓度控制点选为人行道附近, 距离道路中心 $x=30 \text{ m}$ 处, 高度取 $z=1.5 \text{ m}$; 由于风速在日常生活中具有随机性, 本文考虑正常晴朗的天气状况, \bar{u} 取 $0.5 \text{ m}/\text{s}$; CO 浓度分担率参考 1995 年调查结果, 取 $\eta_{ij} = 85\%$; 考虑高峰时段车辆运行速度较低, CO 标准小汽车单位排放因子参考南京市道路现状综合排放因子^[4]取平均速度为 $30 \text{ km}/\text{h}$ 的汽油轿车排放因子, 即 $EF_{ij}^{PCU} = 62.28$ 。由参考文献[3]的结论 $K_1 = 1.81$, $l_0 = 2 \text{ m}$ 。计算风向垂直道路时的环境交通容量

$$V_{iCO}^{PCU} = \frac{0.85 \times 10.0 \times 0.5 \times (\sqrt{30^2 + 1.5^2} + 2)}{1.81 \times 62.28} \times 3600 = 4348 \text{ (PCU)}$$

当风向与道路接近平行或有较小夹角时, 由公式 (3) 计算的环境交通容量将进一步减小。从计算结果可以得出, 现阶段路段高峰时段环境交通容量小于路段设计通行能力 $C_{i设}$ 。为了保证路段的设计通行能力, 采取降低机动车污染物排放因子的措施, 现假设 V_{iCO}^{PCU} 能保证绝大多数情况下的环境质量标准要求, 由公式 (5) 得

$$EF_{iCOP}^{PCU} = \frac{4348 \times 62.28}{6000} = 45.13 \text{ g}/(\text{PCU} \cdot \text{km})$$

式中, EF_{iCOP}^{PCU} —— CO 的机动车污染物的标准小汽车单位排放因子规划目标值。

5 小结

本文对路段的环境交通容量进行了分析,并提出了简单的计算模型;对于该模型的准确性还有待进一步研究。为了满足环境空气质量标准和保证路段的通行能力,本文主要考虑降低机动车污染物排

放因子,并得出了相应的规划目标值计算模型。微观环境交通容量的提出对于满足越来越高的环境质量要求具有一定的作用;同时也为城市规划、交通规划和交通管理决策提供参考,从而采取有效措施使道路和交叉口附近污染物浓度达到一定的环境质量标准要求。

参考文献

- [1] 程继夏. 城市环境交通容量模型[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2004;(5): 94-98.
- [2] 郝吉明,傅立新等. 城市机动车排放污染控制[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2001.
- [3] 朱光灿. 城市道路汽车尾气扩散箱型模式研究[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2001;(4): 88-91.
- [4] 王 炜,项乔君等. 城市交通系统能源消耗与环境影响分析方法[M]. 北京:科学出版社, 2002.
- capacity and performance analysis [R]. Research Report ARR No.321.ARRB Transport Research Ltd, Vermont South, Australia, 1998.
- [5] TRB. Highway capacity manual (HCM 1994) [M]. Washington, D. C :TRB ,National Research Council, 1994.
- [6] TRB. Highway capacity manual (HCM 1997) [M]. Washington ,D. C :TRB ,National Research Council , 1997.
- [7] TRB. Highway capacity manual (HCM 2000) [M]. Washington ,D. C :TRB ,National Research Council , 2000.
- [8] Wu N. A universal procedure for capacity determination at unsignalized (priority controlled) Intersections [J]. Transportation Research B35 ,2001 ; Issue 3.
- [9] Lee Rodeqerds. Status report to the committee on highway capacity and quality of service [R]. NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) 3-65 : Applying Roundabouts in the United States. 2004.
- [10] 项乔君,王 炜,陈 冰等. 环形交叉口通行能力理论模型研究[J]. 中国公路学报. 1999 ;(4) .
- [11] 薄春宇,催海梁等. 环行交叉口服务通行能力研究 [J]. 华中科技大学学报. 2002 ;(5) .
- [12] 项乔君,王 炜,高海龙等. 低渠化环形交叉口通行能力理论模型及其应用[J]. 公路交通科技. 2000 ;(1) .

上接第107页