

# 基于TransCAD的城市道路阻抗模型研究

庄焰, 吕慎

(深圳大学建筑与土木工程学院, 广东 深圳 518060)

**摘要:** 城市道路阻抗模型是交通分析软件系统的重要组成部分, 其合理与否直接关系到预测结果的科学性。针对我国城市道路混合交通流的特点, 结合深圳市城市道路交通流调查和交叉口延误调查结果, 建立行程时间的分段模型, 可使交通预测的结果更加科学合理。

**关键词:** 城市道路; 阻抗模型; TransCAD

**中图分类号:** U491.13

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-4786(2005)10-0122-03

## Study on the Link Traveling Time Function for Urban Road Based on TransCAD

ZHUANG Yan, LV Shen

(College of Architecture & Civil Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

**Abstract:** The link travel time function for urban road is one of important parts of the software of the traffic analysis. Its rationality directly associates with the science the forecast results. Based on the characteristic of the mixed traffic flow in China city, the partial model of the travel time was put forward combining the survey results of the traffic road flow and the intersection in Shenzhen, which makes the forecast results more scientific and rational.

**Key words:** urban road; link travel time function; TransCAD

### 一、引言

TransCAD是由美国Caliper公司开发的, 包括交通宏观分析功能和部分地理信息系统(GIS)功能, 主要为交通规划服务的软件系统。由于具有先进的菜单界面、强大的图形功能、方便的工具栏、良好的开放性、多文档、多用户操作等特性, TransCAD在我国交通规划领域中有着广泛的应用。

与其他交通分析软件一样, 应用TransCAD软件系统分析城市道路网络时, 城市道路阻抗模型是决定交通分析结果准确性的关键。在TransCAD交通分配模型中, 所使用的阻抗模型是美国联邦公路局提出的路阻函数模型, 然而该模型仅考虑了路段行驶时间, 而没有考虑交叉口延误, 其次路段行驶时间虽然考虑了交通负荷的影响, 但它是自由流为基础建立起来的理论模型, 不符合中国城市混合交通流的特点, 如果直接将该模型应用于实际工作

中, 则将产生较大的误差。由于TransCAD允许用户通过Optional Input方式, 在网络中各路段自定义阻抗模型的系数, 从而使行程时间的计算接近于实际。因此有必要研究符合中国城市混合交通流特点的阻抗模型, 以使TransCAD软件分析的结果具有科学性和合理性。

### 二、路阻模型综述

在道路行程时间的研究中, 相继产生了一些具有一定代表性的模型。

#### 1. 美国联邦公路局提出的路阻模型

美国联邦公路局提出了如下模型:

$$t = t_0 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{Q}{Q_m} \right)^\beta \right] \quad (1)$$

式中:  $t$ ——两交叉口间路段行驶时间(min);

$t_0$ ——交通量为零时的路段行驶时间(min);

$Q$ ——路段机动车流量(辆/h);

$Q_m$ ——路段实际通行能力(辆/h);

$\alpha$ 、 $\beta$ ——系数,建议取 $\alpha=0.15$ , $\beta=4$ 。

在TransCAD模型中,阻抗函数也采用上述形式,但是系数 $\alpha$ 、 $\beta$ 可以根据道路实际情况自定义。该模型虽考虑了交通负荷(即流量 $Q$ )对行程时间的影响,但未考虑交叉口延误、非机动车辆等影响因素,所以在我国主要用于高速路、快速路上的行程时间估算,以及城市之间(大区域)和路网规划,但不适于我国城市交通规划。

## 2.我国学者提出的线性和非线性模型

中国学者根据交通实际情况,提出用线性或非线性回归关系作为路阻函数,即:

$$t=t_0\left[1+k_1\left(\frac{Q_1}{C_1}\right)^{K_1}+k_2\left(\frac{Q_2}{C_2}\right)^{K_2}\right] \quad (2)$$

$$\text{或 } t=t_0\left[1+k_1\left(\frac{Q_1}{C_1}\right)+k_2\left(\frac{Q_2}{C_2}\right)\right] \quad (3)$$

式中: $Q_1$ 、 $Q_2$ ——分别为机动车、非机动车路段交通量(辆/h);

$K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$ ——回归参数;

$C_1$ 、 $C_2$ ——分别为机动车、非机动车路段实际通行能力(辆/h)。

关于参数 $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$ ,可根据道路交通量、车速调查数据用最小二乘法来确定。

原则上,该路阻函数考虑了机动车交通负荷、非机动车交通负荷的影响,比较符合实际情况。但是研究发现,该方法确定的回归关系式,其相关系数很低,远远不能满足工程设计的要求。

由于上述两者常用的模型在用于确定我国城市道路行程时间时都存在一些问题,故本文旨在根据我国城市交通流的特征以及实际的交通调查,建立行程时间的分段模型,并根据该模型的计算结果,用最小二乘法标定TransCAD阻抗模型的系数。

## 三、行程时间的分段模型

车辆在城市道路上运行时,正常情况下,从起点到目的地的行程时间主要是由车辆在路段上的行驶时间和在交叉口的延误时间两部分组成。当前通常的做法是没有考虑交叉口延误的影响,而单独以路段行驶时间作为路权。由于我国城市交通方式比国外城市要复杂,而且主要采用的是“三块板”横断面,这虽然在路段上解决了机非混行的问题,但是在交叉口,机动车、非机动车和行人混行在一起,相互干扰,且在我国城市交叉口延误远大于国外城

市。因此,交叉口延误在行程时间中,占有很大的比重,尤其是在交叉口拥挤或堵塞时,交叉口延误可能远大于路段的行驶时间。不考虑信号交通延误的阻抗模型将导致TransCAD模型预测结果与实际有很大的偏差。

我国城市混合交通流的特点决定了路段行驶时间和交叉口延误是起讫点间行程时间的重要组成部分,缺一不可。因此,本文采用分段模型的形式表示城市道路阻抗模型,即车辆从驶过某一交叉口开始,先经过一段“行驶时间” $t_s$ ,驶至下一个相邻交叉口,然后经历“延误时间” $t_d$ ,再驶离后者,故车辆走过两交叉口之间总的行程时间为:

$$t_{sd}=t_s+t_d \quad (4)$$

如果车辆从起点到终点之间经历了多个交叉口,则总的行程时间可由分段叠加的方法求出。因此,利用分段模型的关键是确定行驶时间 $t_s$ 和交叉口延误时间 $t_d$ 的函数模型。

### 1.行驶时间 $t_s$ 函数模型

显而易见,车辆在路段上的行驶时间 $t_s$ 是车辆在路段上平均行驶速度的函数,即:

$$t_s=L/V \quad (5)$$

式中: $L$ ——路段的距离;

$V$ ——路段上的平均行驶速度。

由于路段的距离可以事先确定,因此研究路段行驶时间函数模型,实质上就是建立路段平均行驶速度的模型。

由交通流理论可知,当道路设施条件一定时,路段上平均行驶速度与道路上的交通量和交通密度有关,且存在着经典的交通流三参数(流量-密度-速度)关系,即:

$$Q=V \cdot K \quad (6)$$

式中, $Q$ ——路段交通流量;

$V$ ——行车速度;

$K$ ——车流密度。

因此,建立其中任何两参数的关系都可以确定其他两参数之间的函数关系。速度与密度的函数关系常用的主要有线形模型、对数模型和指数模型三种<sup>[1]</sup>。通过对深圳市城市快速路、主干道和次干道的流量和密度进行调查,并应用回归分析法,可以得出以下结论:深圳市城市快速路、主干道和次干道速度与密度的函数关系以线性关系的拟合效果最好<sup>[2]</sup>;相应地得出,速度与流量的函数关系为二次

抛物线, 具体函数关系式如下:

a) 快速路

$$Q=70.145V-0.6154V^2 \quad (7)$$

b) 主干道

$$Q=71.381V-0.7853V^2 \quad (8)$$

c) 次干道

$$Q=74.601V-0.9255V^2 \quad (9)$$

其通式为:

$$Q=\alpha_1V-\alpha_2V^2 \quad (10)$$

从中解得:

$$V=\frac{\alpha_1+\sqrt{\alpha_1^2-4\alpha_2Q}}{2\alpha_2} \quad (11)$$

将公式(11)代入公式(4), 即可确定路段的行驶时间函数模型, 即:

$$t_x=\frac{L_x}{V}=\frac{2\alpha_2L_x}{\alpha_1+\sqrt{\alpha_1^2-4\alpha_2Q}} \quad (12)$$

2. 交叉口延误时间 $t_c$ 函数模型

交叉口延误是我国城市道路行程时间的重要组成部分。对于我国大城市而言, 主要的交叉口通常采用信号来控制, 因此本文主要研究信控交叉口延误模型。目前, 应用较为广泛的是英国TRRL的韦伯斯特(F.V.Webster)模型<sup>[1]</sup>、美国H.C.M延误模型<sup>[3,4]</sup>(在国内应用主要是85版)。由于Webster信控交叉口延误计算模型的第三项是由模拟法求出的补偿项, 其参数是从英国道路试验室研究模拟出来的, 当应用于其他城市时, 还需要重新标定其系数, 且该公式仅适用于饱和度 $x < 1$ 时。本文采用的是美国85版的H.C.M延误模型。

根据对深圳市信控交叉口延误模型的研究结果<sup>[2]</sup>, 其延误计算模型为:

$$d=2.1334x\left\{0.38c\frac{(1-\lambda)^2}{1-\lambda x}+173x^2[(x-1)+\sqrt{(x-1)^2+16x/s}]\right\} \quad (13)$$

式中:  $d$ ——每辆车的平均延误(s);

$c$ ——信号周期时长(s);

$\lambda$ ——绿信比, 即有效绿灯时间与信号周期时长的比率;

$q$ ——交叉口入口道交通量(veh/s);

$s$ ——饱和流量(veh/s);

$x$ ——饱和度, 观测最大流量与信控交叉口进口道的通行能力之比, 即 $q/\lambda s$ 。

因此, 深圳市行程时间的分段模型为:

$$t_{\text{总}}=t_x+t_c$$

$$=\frac{2\alpha_2L_x}{\alpha_1+\sqrt{\alpha_1^2-4\alpha_2Q}}+2.1334x$$

$$\left\{0.38c\frac{(1-\lambda)^2}{1-\lambda x}+173x^2[(x-1)+\sqrt{(x-1)^2+16x/s}]\right\} \quad (14)$$

式中符号意义同上,  $\alpha_1$ 和 $\alpha_2$ 为系数, 对城市快速路、主干道和次干道取不同的值, 具体数据见公式(4)、(5)和(6)。

公式(14)是根据我国城市道路行程时间的机理分析和深圳市城市道路的实测数据, 拟合得出行程时间的分段模型。该公式可用于深圳市交通规划、交通管理和交通模拟等方面。

#### 四、TransCAD路阻函数模型的系数拟合

TransCAD中路阻函数模型采用了美国联邦公路局的路阻函数形式, 即:

$$t=t_0\left[1+\alpha\left(\frac{Q}{Q_m}\right)^\beta\right]=\frac{L}{V_f}\left[1+\alpha\left(\frac{Q}{Q_m}\right)^\beta\right] \quad (15)$$

为了使该模型能反映实际城市交通流的特征, TransCAD允许用户通过Optional Input方式, 在路网中的各个路段分别输入自定义的系数 $\alpha$ 和 $\beta$ , 从而使模型计算的行程时间与实际相接近。笔者采用的是最小二乘法, 拟合系数 $\alpha$ 和 $\beta$ , 以使公式(15)计算出来的行程时间与公式(14)计算出来的行程时间相符。

1. 写出方差表达式

$$R^2=\sum_i\left\{t_{\text{总}i}-\frac{L}{V_f}\left[1+\alpha\left(\frac{Q_i}{Q_m}\right)^\beta\right]\right\}^2 \quad (16)$$

2. 求 $R^2$ 分别对 $\alpha$ 和 $\beta$ 的偏倒数

$$\frac{\partial R^2}{\partial \alpha}=\sum\left\{t_{\text{总}i}-\frac{L}{V_f}\left[1+\alpha\left(\frac{Q_i}{Q_m}\right)^\beta\right]\right\}\cdot\left(\frac{Q_i}{Q_m}\right)^\beta=0 \quad (17)$$

$$\frac{\partial R^2}{\partial \beta}=\sum\left\{t_{\text{总}i}-\frac{L}{V_f}\left[1+\alpha\left(\frac{Q_i}{Q_m}\right)^\beta\right]\right\}\cdot\frac{L}{V_f}\cdot\alpha\cdot\left(\frac{Q_i}{Q_m}\right)^{\beta-1}\cdot\ln\left(\frac{Q_i}{Q_m}\right)=0 \quad (18)$$

3. 通过迭代法从(17)和(18)两式中求出 $\alpha$ 和 $\beta$

在公式(17)和(18)中, 共有2个变量, 分别是路段流量 $Q$ 和交叉口入口引道交通量 $q$ ; 同时有5个参数, 分别是路段长度 $L$ 、自由流车速 $V_f$ 、饱和流量 $S$ 、绿信比 $\lambda$ 和周期长度 $c$ 。在具体计算时, 做了以下两个假定:

a) 鉴于TransCAD是宏观交通分析软件, 在宏观分配阶段, 近似认为 $q \approx Q$ ;

b) 将绿信比 $\lambda$ 和周期长度 $c$ 分别取典型值, 作为

# 级配碎石基层存在的问题 及其解决方法探讨

王海林<sup>1</sup>, 金恩伟<sup>2</sup>, 吴群慧<sup>3</sup>

(1.南京河西新城区开发建设指挥部, 江苏 南京 210017; 2.东南大学交通规划设计研究院, 江苏 南京 210096;  
3.南京市公路管理处, 江苏 南京 210008)

**摘要:** 级配碎石基层作为沥青路面的过渡层, 可以有效地改善半刚性基层收缩裂缝中反射裂缝的产生, 但由于气候和交通量等原因, 这种结构的使用也会出现一些问题, 受到一定的限制, 因此, 针对级配碎石半刚性基层存在的问题进行一些探讨, 提出相应的办法, 以供同行参考。

**关键词:** 级配碎石; 半刚性基层; 裂缝

中图分类号: U416.214

文献标识码: B

文章编号: 1002-4786(2005)10-0125-03

## Problems Lies in Grade Mixed Broken Stone and Its Disposal

WANG Hai-lin<sup>1</sup>, JIN En-wei<sup>2</sup>, WU Qun-hui<sup>3</sup>

(1.Nanjing Developing Construction Headquarters in New City District of Hexi, Nanjing 210017, China;  
2.Institute of Communications Planning and Design, Southeast University, Nanjing 210096, China;  
3.Nanjing Highway Management Office, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** Grade mixed broken stone base, as the intermediate layer, may reduce the reflective crack of semi-rigid base arose by shrinkage crack effectively. But because of climate and traffic factors, this structure of grade mixed broken stone was limited with some disadvantageous matters. Therefore, it should be discussed on problems lies in grade mixed broken stone, and present the relative measures for disposal so as to provide reference for companies.

**Key words:** grade mixed broken stone; semi-rigid base; cracks

计算依据, 通常取 $\lambda=0.4$ ,  $c=45s$ 。

依据上述假定, 取 $L=800m$ ,  $S=1\ 500veh/h$ ,  $\lambda=0.4$ ,  $c=45s$ ,  $V_f=90km/h$ ,  $Q_m=1\ 600veh/h$ , 可以求得 $\alpha=1\ 190$ ,  $\beta=6$ , 其拟合曲线如图1所示。

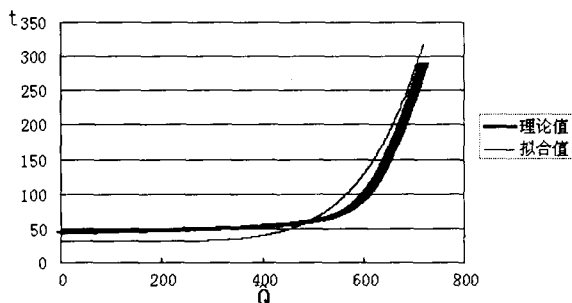


图1 行程时间的理论值和拟合值

### 五、结论

本文在将目前常用的两种路阻模型应用于宏观交通模型中以确定我国城市道路行程时间所存缺陷的基础上, 通过对我国城市道路行程时间的机理分

析, 结合深圳市交通流以及交叉口延误的调查和分析, 建立了行程时间的分段模型, 并根据该模型的计算结果, 用最小二乘法标定了TransCAD路阻模型的系数, 以使TransCAD软件系统中的模型和系数符合深圳市混合交通流的特征, 使交通预测的结果更加科学化和合理化。

### 参考文献

- [1] 饭田恭敬 (著), 邵春福, 杨海, 史其信等 (译). 交通工程学[M]. 北京: 人民交通出版社, 1994.
- [2] Willam R.McShane, Roger P.Roess. Traffic Engineering[M]. New Jersey: Prentice-Hall, 1990.
- [3] Transportation Research Board. Highway Capacity Manual[M]. Washington D C.: National Research Council, 1985.

收稿日期: 2005-03-15