

文章编号: 0451-0712(2006)04-0182-04

中图分类号: U491.14:X32

文献标识码: A

# 基于交通环境承载力的公路网交通量预测

杨日辉, 王首绪

(长沙理工大学公路学院 长沙市 410076)

**摘 要:** 提出将交通环境承载力相关理论应用到公路网交通量预测中, 提出基于交通环境承载力的公路网交通量预测模型。从环境系统污染物的输入输出模型出发, 构建基于大气污染承载力的公路网交通量预测数学模型, 实现基于大气环境的交通量控制目标, 为交通规划部门制定可持续的交通发展规模提供科学决策依据。

**关键词:** 公路网; 交通量预测; 交通环境容量; 交通环境承载力

公路网规划是公路建设的重要前期工作之一, 是进行公路建设决策的支持系统, 对确保未来公路系统功能的实现具有十分重要的意义。而公路网交通量预测是公路网规划的一项主要内容, 是公路网规划方案优化的直接依据, 它同资料收集与问题诊断同属规划工作的前奏和基础。随着公路网规划地位的突显, 如何改进公路网交通量预测的方法和手段, 是中国公路科技工作者一直探讨的课题。总的来说, 主要有 3 种方法<sup>[1]</sup>: 四阶段法、总量控制法以及由哈尔滨工业大学提出来的综合预测法(四阶段法和总量控制法的结合)。它们各自有不同的优缺点, 目前广泛应用的是综合预测法。

公路网规划的基本逻辑建立在对环境需要的“适应”上, 其一般做法是把现实世界诸多环境因素与公路网的关系纳入数学家的模型框架内, 用模型的解作为理论依据, 制定规划。OD 流派推崇的“四阶段法”就是通过交通发生、分布量预测、交通方式分担、交通量分配 4 个阶段, 用不同的模型和方法将环境的需要量表达为交通量, 并与现有公路等级能适应的交通量进行对比。当公路的交通量出现“溢出”现象时, 考虑提高公路等级或分流、规划新线路, 试图在公路网内部进行结构调整来满足需要。

但是, 现今预测方法大多只是从社会、经济角度来预测交通量, 认为区域社会经济活动的存在、社会经济的发展、区域间经济联系的增强是区域运输需求产生和增强的直接动因, 而忽略了公路网建设对环境(主要指自然环境)的影响, 以及环境对公路网

交通的最大承载能力。本文摆脱以往交通量预测方法的束缚, 以一种逆向思维来预测路网交通量, 即从环境对公路网交通量的承载能力角度来反算交通量, 体现了公路交通的可持续发展。

## 1 预测模型建立

### 1.1 交通环境容量与交通环境承载力

#### 1.1.1 交通环境容量

交通环境容量是环境容量的一部分, 根据环境容量的概念可以派生出交通环境容量的概念。交通环境容量<sup>[2]</sup>(Traffic Environmental Capacity, TEC)是指在人类生存、生态环境和资源利用不致受害的前提下, 某一交通环境所能容纳交通系统排放污染物的最大负荷量或其利用资源的最大使用量。广义的环境资源观中, 环境容纳污染物的能力即环境的自净能力也是一种环境资源, 从这个角度来讲, TEC 就是交通环境允许交通系统使用环境资源的最大值。一般来说, TEC 分为交通环境污染容量和交通环境资源容量。

#### 1.1.2 交通环境承载力

由于 TEC 的限制, 交通环境所能负荷的交通总量有限。交通系统发展需要利用环境资源, 并向环境排放一定数量的污染物。环境对交通系统的负载能力我们称之为交通环境承载力(Traffic Environmental Carrying Capacity, TECC)<sup>[3]</sup>, 该概念是由环境承载力概念派生出来的。根据承载力概念的演化与发展, 结合公路交通系统的特有属性, 也



可将交通环境承载力定义为在一定时期和一定区域内,特定公路交通结构下,在公路交通系统的功能和结构不向恶性方向转变的条件下,交通环境所承受公路交通系统的最大发展规模,即公路交通系统的最大交通量。对机动车而言其单位是指车辆数。类似地,可以将交通环境承载力分为交通环境污染承载力和交通环境资源承载力。

### 1.2 公路网规划环境影响因素分析

公路网系统处在社会经济和综合交通系统这些大环境之中,它与周围环境有着千丝万缕的联系。公路网建设和营运所影响的环境,有政策环境、经济环境、文化环境、生活环境和生态环境等,如图1所示<sup>[1]</sup>。

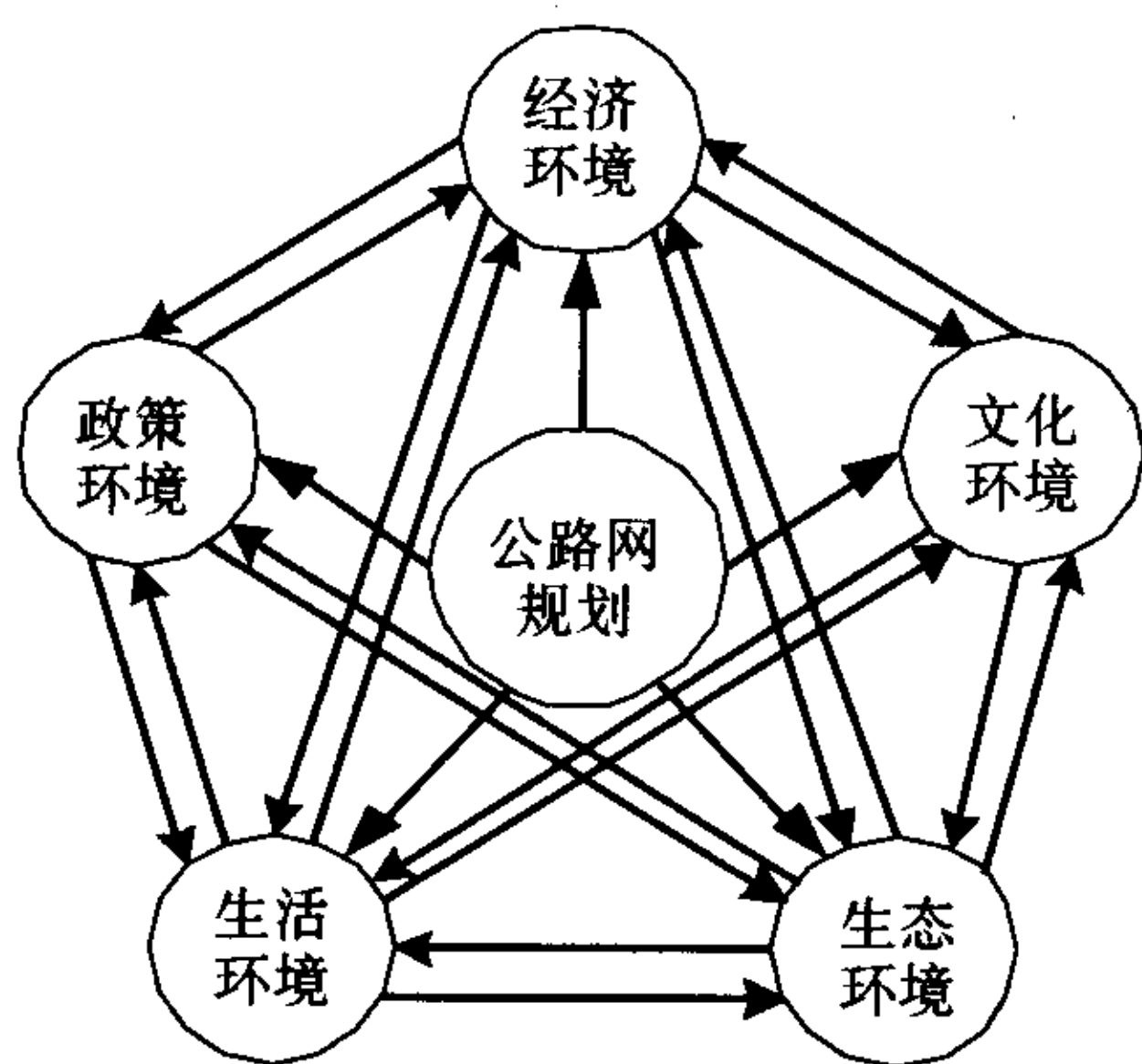


图1 公路网环境影响示意

总的来说,公路网建设与营运对自然环境的影响主要表现在资源和环境污染两个方面。在资源方面主要表现为:土地资源、水资源、矿产资源、能源资源、旅游资源。在环境污染方面主要表现为:大气污染、噪声污染、水污染。社会环境影响方面包括路网建设对交通出行者心理的影响以及区域经济的影响。

### 1.3 基于TECC的公路网交通量预测模型建立

根据交通环境承载力的相关理论以及路网规划环境影响因素的分析,我们可以将交通环境承载力分为以下4个分量:交通环境污染承载力、交通环境资源承载力、交通环境经济承载力、交通环境心理承载力。具体的基于TECC的公路网交通量预测模型如图2所示。

## 2 量化模型建立

由于篇幅的限制,本文只对基于大气污染承载力的公路网交通量预测量化模型做介绍。

### 2.1 研究思路

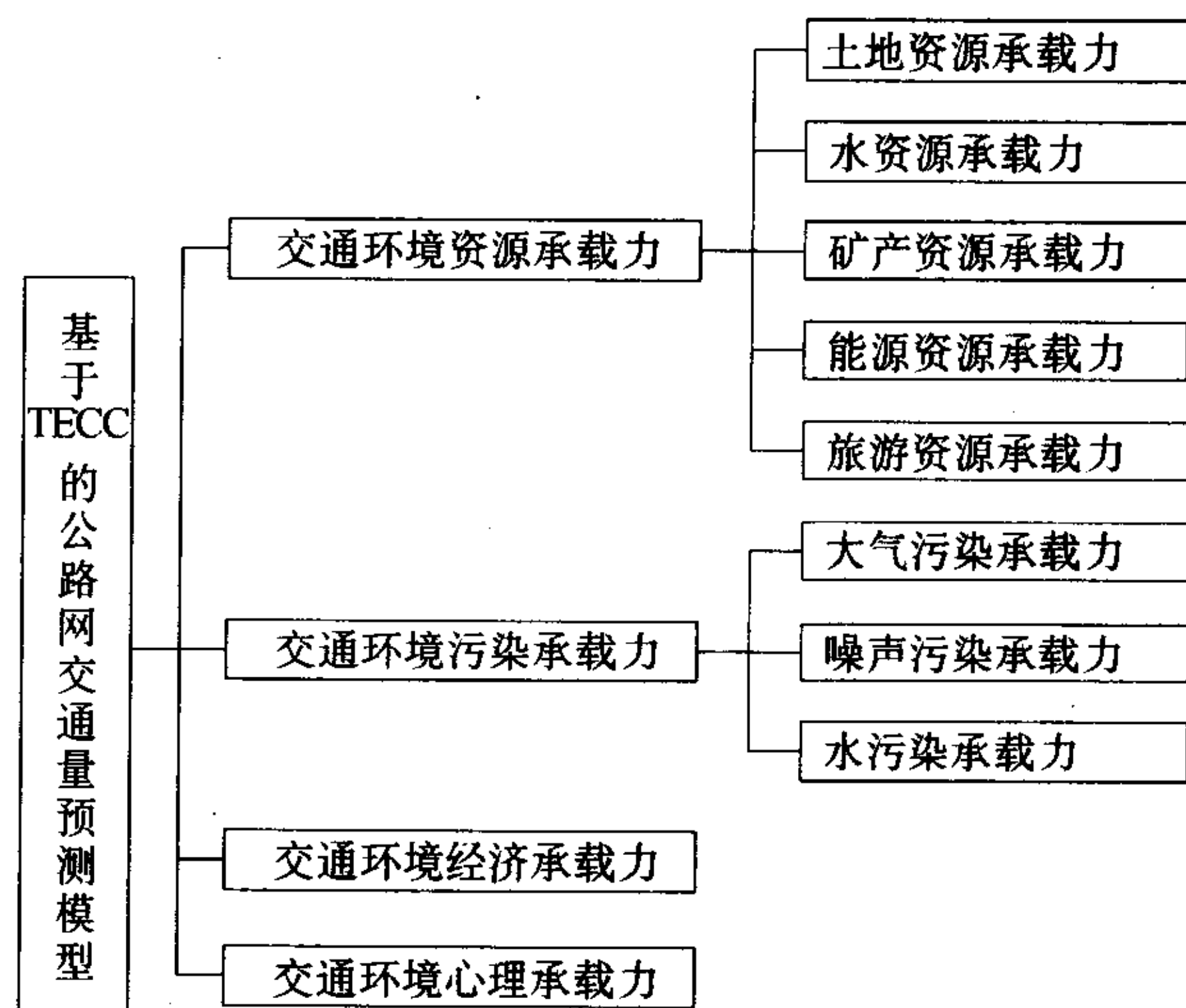


图2 基于TECC的公路网交通量预测模型

大气污染承载力(APCC)量化模型的建立主要基于机动车污染物排放限值和机动车排放因子两个数值。机动车排放因子可以结合空气污染物排放清单和排放因子模式来确定,而机动车污染物排放限值可以通过环境系统污染物输入输出模型来确定。

环境系统是一个复杂的、有时、空、序、量变化的动态系统和开放系统。系统内外存在物质、能量和信息的变化和交换。环境系统通过内部的协调作用(自净作用),产生大量的负熵,将输入环境系统的污染物转换移交出去,最终使环境系统朝有序的方向发展。于是,环境系统污染物输入输出模型可如图3所示。

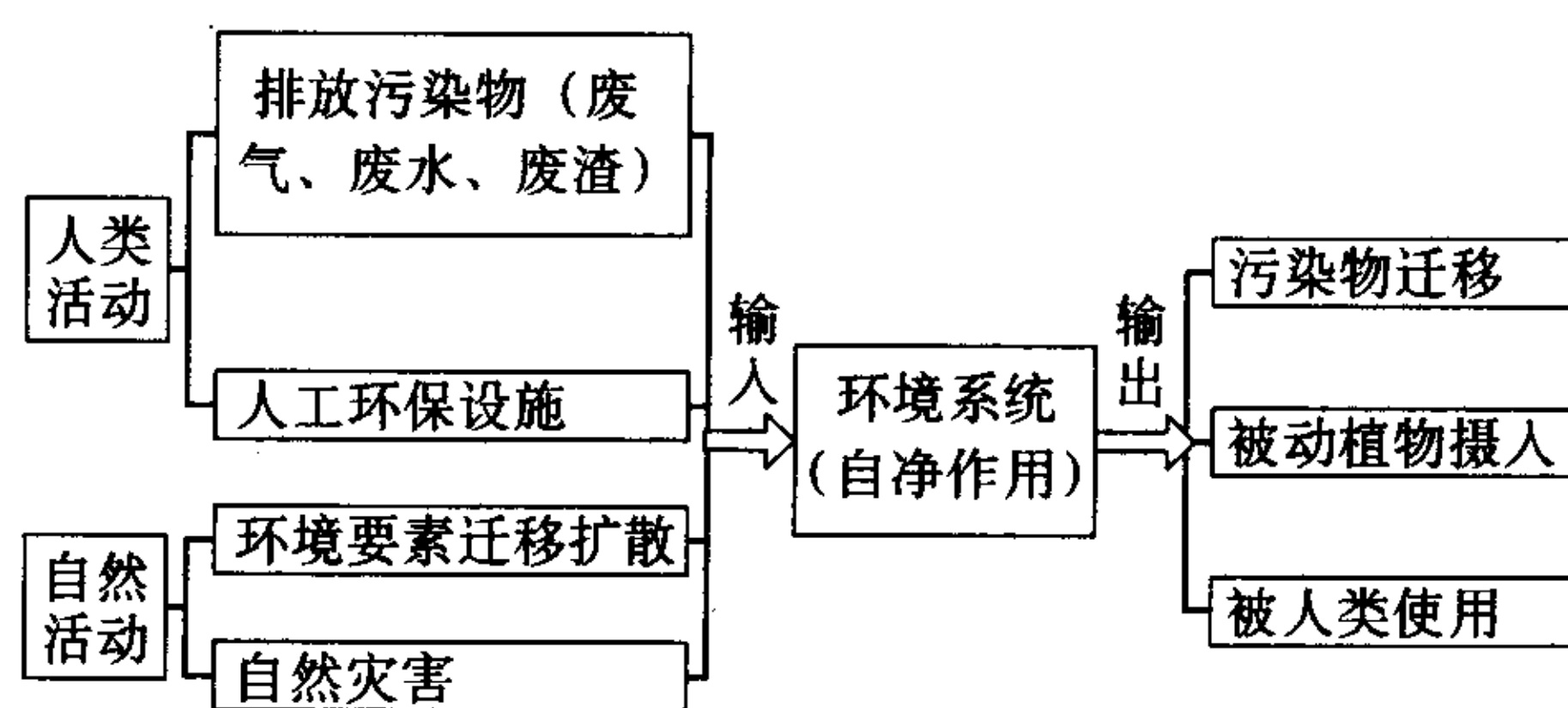


图3 环境系统污染物的输入输出模型

### 2.2 大气污染因子的选择

公路交通是人为因素造成大气污染的主要来源之一,公路交通大气污染主要由2部分组成:一是公路施工期间产生的扬尘、沥青烟等大气污染物;二是公路运营期间车辆交通排放的大气污染物。随着公路建设施工期环境监理制度的实行,公路施工期大气污染大大降低,同时施工期大气污染是暂时性的、可恢复的,故可不考虑。公路运行期间汽车排放的污染物有一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化



物( $\text{NO}_x$ )和微粒等,它们直接对人体健康造成危害。汽车排出的二氧化碳虽对人体无害,但它会造成温室效应,影响人类生存。

根据国家《环境空气质量标准》(GB 3095—96)<sup>[4]</sup>、《公路建设项目环境影响评价规范(试行)》(JTJ 005—96)<sup>[5]</sup>对大气污染物的相关规定,本文研究选择CO、HC、 $\text{NO}_x$ 作为公路交通环境大气污染预测因子。

### 2.3 量化模型建立

在计算前,对一些参数做如下定义:

$X_i$ 为基年区域公路网环境系统中第*i*种大气污染物的排放总量,t/a,其中*i*={CO, $\text{NO}_x$ ,HC};

$P_i$ 为预测通车年向区域公路网环境系统排放的第*i*种大气污染物的限值,t/a,包括固定源排放和机动车排放;

$C_i$ 为预测通车年区域公路网环境系统中第*i*种大气污染物自净量,t/a;

$Q_i$ 为预测通车年区域公路网环境系统中第*i*种大气污染物扩散量,t/a;

$Y_i$ 为预测通车年区域公路网环境系统中第*i*种大气污染物的排放总量控制目标值,t/a,可参考国家或地方规定来确定。

机动车污染物排放限值公式的建立基于以下假设:从基年到预测通车年这一时间段内,区域公路网内的交通环境状况变化不大,即这段时间内固定源排放量和机动车排放量变化不大。

则根据环境系统污染物的输入输出模型可建立等式如下:

$$Y_i = X_i + P_i - (C_i + Q_i) \quad (1)$$

在环境控制目标 $Y_i$ 确定的条件下,结合基年数据 $X_i$ ,假设环境自净量 $C_i$ 和污染物扩散量 $Q_i$ 已知,则式(1)可变化如下:

$$P_i = Y_i - X_i + (C_i + Q_i) \quad (2)$$

而环境自净量和污染物扩散量本身就是一个非常复杂的专门研究领域,目前还没有一个比较完善的确定方法<sup>[6,7]</sup>。但这几个数值明显和当时的污染物含量以及排放量正相关。于是为了简便起见,本文将这种关系假设为正比例关系,引入环境自净能力系数 $\alpha$ ( $0 < \alpha < 1$ ),该值可以通过类比预测的方法进行实验测定。故式(2)可变为:

$$P_i = Y_i - X_i + \alpha(X_i + P_i) \quad (3)$$

$$P_i = \frac{Y_i}{1-\alpha} - X_i \quad (4)$$

设 $\eta_i$ 为预测通车年区域公路网交通运输车辆对区域污染物*i*的贡献程度即分担率,以百分数表示。于是可求得预测通车年区域公路网机动车污染物排放限值 $T_i$ ,表达式为:

$$T_i = \eta_i \times P_i = \eta_i \times \left( \frac{Y_i}{1-\alpha} - X_i \right) \quad (5)$$

而机动车污染物排放限值 $T_i$ 与车辆排放因子 $Ef_{ji}$ 有关,机动车排放因子 $Ef_{ji}$ 是指单辆机动车运行单位里程或消耗单位燃料排放污染物的含量,单位g/(km·veh)或g/(kg·veh)(燃料)。不同车型,不同污染物的排放因子不同。排放因子反映了机动车的排放水平,是进行控制对策研究的基础和依据。其大小可根据中国的机动车特性、车队特点、车辆的道路运行特性等实际因素对国外先进的排放因子计算模式(如:美国的MOBILE系列模式、欧洲共同体的COPERT模式<sup>[8]</sup>)进行修正获得。

参照《城市机动车排放空气污染测算方法》(HJ/T 180—2005)<sup>[9]</sup>中的规定,基于第*i*种大气污染承载力的公路网交通量 $APCC_i$ 表示如下:

$$T_i = A_i \times APCC_i$$

$$APCC_i = \frac{T_i}{A_i} \quad (6)$$

$$\text{其中 } A_i = \sum_{j=1}^n (x_j \times L_j \times Ef_{ji})$$

将式(5)代入式(6)中可得:

$$APCC_i = \frac{\eta_i \times \left( \frac{Y_i}{1-\alpha} - X_i \right)}{A_i} \quad (7)$$

式中: $APCC_i$ 为预测通车年第*i*种大气污染承载力,即预测通车年基于第*i*种大气污染承载力的公路网交通量,veh/a; $x_j$ 为预测通车年第*j*种类型机动车数量占所有机动车混合交通量的百分比; $n$ 为机动车类型种数; $L_j$ 为预测通车年第*j*种车型年平均行驶里程, $10^4$  km; $Ef_{ji}$ 为预测通车年第*j*种车型的第*i*种污染物平均排放因子,g/(km·veh)。

分别对CO、HC、 $\text{NO}_x$ 的 $APCC$ 值进行计算,其中最小值为基于大气污染承载力公路网预测交通量,即:

$$APCC = \min(APCC_{\text{CO}}, APCC_{\text{HC}}, APCC_{\text{NO}_x}) \quad (8)$$

### 2.4 模型说明

上述模型所确定的 $APCC$ 的单位是veh/h,若要转化为标准车(小客车)交通量(pcu/h),可采用《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)<sup>[10]</sup>中的车辆折算系数进行换算。



### 3 意义

#### 3.1 观念更新

将交通环境承载力应用到公路网规划交通量预测中,丰富了公路网规划方法;在规划决策阶段就明确地将环境因素与公路网规模确定密切地结合在一起,体现了战略环境影响评价的要求;使规划所可能产生的环境影响最小化,最终使公路网规划成为可持续发展的规划,有助于形成实现公路交通持续发展的新的思路,是一种交通发展观念上的突破。

#### 3.2 促进公路交通系统支撑能力的提高

交通环境承载力并不是一个静态的量,而是一个动态变化的量。由于交通环境承载力指标量化模型中的一些参数,是按照现行交通结构与社会经济发展、环境系统的要求确定的,故可以通过考虑技术手段的进步与管理水平的提高等因素,提出对交通环境承载力的改进措施,促进公路交通系统支撑能力的提高。

### 4 结语

可持续交通是一种前途广阔的交通发展模式,走可持续发展之路是公路交通发展的必然趋势。而可持续发展与环境密不可分,发展的可持续性取决于环境和资源的可持续性,环境保护是可持续发展的关键,本文提出的基于交通环境承载力的公路网

交通量预测正体现了这一思想,为交通规划部门制定可持续的交通发展规模提供科学决策依据。本文提出的模型和方法已经在湖北省襄樊市公路路网后评价研究课题中得到较好的应用。

### 参考文献:

- [1] 裴玉龙,等编著.公路网规划[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [2] 申金升,徐一飞,雷黎.城市交通可持续发展若干问题的思考[J].中国软科学,1997,(7).
- [3] 卫振林,申金升,徐一飞.交通环境容量与交通环境承载力的探讨[J].经济地理,1997,17(1).
- [4] GB 3095-96,环境空气质量标准[S].
- [5] JTJ 005-96,公路建设项目环境影响评价规范(试行)[S].
- [6] 周密.环境容量[M].长春:东北师范大学出版社,1989.
- [7] 陈红岩.大气环境污染优化控制的实际问题[J].气候与环境研究,1998,3(2).
- [8] 王伟,等著.城市交通系统能源消耗与环境影响分析[M].北京:科学出版社,2002.
- [9] HJ/T 180-2005,城市机动车排放空气污染测算方法[S].
- [10] JTJ B01-2003,公路工程技术标准[S].

## Prediction of Traffic Volume of Highway Network Based on Traffic Environmental Carrying Capacity

YANG Ri-hui, WANG Shou-xu

(School of Highway, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410076, China)

**Abstract:** To apply the relevant theory of the traffic environmental carrying capacity to the prediction of traffic volume of highway network and a forecast model of traffic volume of highway network based on the traffic environmental carrying capacity are proposed. Embarking on the input and output model of environmental system's pollutant, a mathematical model in predicting the traffic volume of highway network which is based on the atmospheric pollution carrying capacity is established, the control goal of traffic volume on the basis of the atmospheric environment is achieved, and the scientific policy-making foundation for the traffic planning department which formulates the sustainable traffic development scale is provided.

**Key words:** highway network; prediction of traffic volume; traffic environmental capacity; traffic environmental carrying capacity