

# 适应多元交通政策分析的定制四阶段模型研究

邓一凌<sup>1</sup>, 过秀成<sup>2</sup>

(1. 浙江工业大学建筑工程学院, 浙江 杭州 310014; 2. 东南大学交通学院, 江苏 南京 210096)

**摘要:** 作为最常用的交通政策分析工具, 城市交通模型在交通政策制定的过程中扮演重要角色。四阶段模型尽管建模相对简单, 但其基于小区、基于出行的建模思路在交通政策分析中存在先天不足。活动模型使用基于家庭或个人、基于活动的建模思路, 尽管能很好地满足交通政策分析的要求, 但由于建模难度较高在中国鲜有应用。对此, 基于结构体系与功能模块分离的模型设计理念, 采用四阶段模型的结构体系, 借鉴活动模型的建模方法提出人口合成、可达性变量、出行时间选择、出行链4个功能模块用以改进四阶段模型。城市可在传统四阶段模型结构体系的基础上灵活选用4个功能模块来定制城市交通模型, 在不显著增加建模难度的基础上满足交通政策分析的诉求。

**关键词:** 交通模型; 定制模型; 四阶段模型; 活动模型; 交通政策分析

Four-Stage Modeling for Various Transportation Policy Analysis

Deng Yiling<sup>1</sup>, Guo Xiucheng<sup>2</sup>

(1. College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University of Technology, Hangzhou Zhejiang 310014, China; 2. School of Transportation, Southeast University, Nanjing Jiangsu 210096, China)

**Abstract:** As a most commonly used tool for transportation policy analysis, urban transportation model plays a key role in the policy-making process. Although four-stage model is easy to develop, it is insufficient in transportation policy analysis because of its TAZ-based and trip-based model platform. Activity-based model can fulfill the needs of transportation policy analysis since it is person- or household-based and activity-based. However, the activity-based model is rarely used in China because of the difficulties in model development. Based on the model design theory that separates general model system and specific functional modules, this paper proposes a four functional module system with synthesized population, variable accessibility, travel time choice, and trip chain to improve the conventional four-stage model. Urban transportation planning can flexibly choose one or more modules to replace the counterparts of four-stage model to obtain customized urban transportation model. In this way, it is easier to meet the request of transportation policy analysis without increasing modeling difficulties significantly.

**Keywords:** transportation model; customized model; four-stage model; activity-based model; transportation policy analysis

收稿日期: 2014-02-16

基金项目: 国家自然科学基金项目“个人活动—出行规划过程的动态机制与微观模拟研究”(51608483)

作者简介: 邓一凌(1987—), 男, 浙江嵊州人, 博士, 讲师, 主要研究方向: 城市交通模型、城市交通规划。E-mail: coralseu@163.com

## 0 引言

很多交通政策被城市政府用以治理交通问题, 但交通系统的复杂性使得这些交通政策的实施效果存在不确定性。同时, 由于数据和分析方法的制约, 在制定交通政策时很少考虑交通设施建设和交通政策实施的主要

受益人在社会阶层、地理空间、交通方式分布上的公平性以及对于缺乏机动性的交通弱势群体群体的影响。城市在制定交通政策时亟须理性的政策分析工具提供决策支持。

在中国城市的实践中, 四阶段模型是最常用的交通分析工具, 但因其与生俱来的一些缺陷<sup>[1-2]</sup>, 四阶段模型在交通政策分析中并

不能很好地捕捉政策产生的影响。而以行为理论为基础、能有效分析多元交通政策所带来出行行为影响的活动模型,由于建模复杂性等问题在中国城市鲜有应用。本文根据中国城市交通政策分析的诉求,在四阶段模型基础上,借鉴活动模型的建模方法,设计传统四阶段模型的改进模块,介绍相应的建模方法和适用的交通政策分析情景,使城市能在传统四阶段模型的基础上,选择相应的模块来定制满足城市交通政策分析需求的交通模型体系。

## 1 城市交通政策的复杂性与作用机理

### 1.1 交通政策的复杂性

城市政府在改善城市交通的实践中已经出台了大量的政策,如机动车尾号限行、差异化停车收费、车辆上牌管制等,交通拥堵收费政策也正在进行研究。国外有学者将城市交通政策归纳为三类,即物质的政策、硬性的政策、软性的政策<sup>[3]</sup>。其中,物质的政策面向城市道路、公共交通、人行道和自行车道等交通基础设施,政府通过制定规划、提供资金对交通基础设施的新建、改善等进行统筹安排;硬性的政策是政府通过地方性法规、行政规章等强制改变出行者的出行行为,如机动车辆上牌管制、规定排放标准、征收燃油税、拥堵收费等;软性的政策是政府或企业通过告知出行者交通选择的影响和结果或通过提供激励和补贴等改变出行者的出行行为,包括汽车共享、汽车合乘、环保机动车购买补贴、远程办公、弹性工作制等。

由于城市交通系统自身的复杂性,这些政策产生的影响存在一定不可预知性。以交通拥堵为例,交通拥堵的产生是交通需求和供给综合作用的结果,两者都存在动态变化的属性,使得交通拥堵存在一些与直觉相违背的特点。在交通供给方面,城市道路建设和改善的终极目标是满足出行需求、减少交通拥堵、提高出行速度,但是往往会因降低使用者的出行成本而吸引其他路径、时间、方式的交通需求,这是需求规律的直接反映。在交通需求方面,一些政策的影响并不确定,不仅仅是影响的程度,甚至可能是影响的正负性。例如,小汽车停车换乘公共交通(P&R)旨在鼓励使用公共交通,但其产生的影响除了吸引私人小汽车出行转移至私人

小汽车换乘公共交通出行外,也会诱增新的出行;远程工作是使用现代通信技术使员工可以在家或其他地点办公,因此可以减少工作出行,但因此而闲置的车辆可能被其他家庭成员使用,从而使得这些政策可能并不能达到预期减少私人小汽车出行的效果。以上的几种情况均未考虑这些政策可能产生的长期影响,如交通拥堵本身作为一种费用或者负效用可能会使家庭选择临近单位的地方居住或使企业选择在地铁周边办公。

### 1.2 交通政策的作用机理

交通是派生需求,城市居民作为城市活动的主体,因为在不同地点参与上班、上学、购物、交往等各种活动的需要,从而产生了出行。城市交通实质上是城市居民个人出行的综合。如图1所示,城市居民所有影响自身出行行为的决策通常被分为中长期决策和日常决策。居住地选择、工作地选择等中长期的决策行为会对活动类型选择、活动位置选择等日常的决策行为产生影响,而日常的决策行为直接决定了出行时间、出行方式等出行行为。同时,日常的决策也会对中长期的决策产生影响,例如日常生活中长期的机动性诉求得不到满足会刺激机动车购买需求。

大量的交通政策、土地使用政策试图影响居民的出行选择从而影响交通系统的运行。物质的政策直接作用于交通供给侧的改善,而供给侧的改善会对居民的出行行为产生影响;硬性的政策和软性的政策则直接着力于交通需求侧的改善,即改变居民的出行行为。由于政策制定者缺乏对于交通政策产生影响的全面考虑,例如未考虑不同社会经济属性的居民对于政策反应的差异性,或者只关注政策的直接影响而忽略间接影响,或者关注政策的短期效果而忽略政策对于中长期行为的影响,致使很多政策并没有取得预期的效果。

## 2 城市交通政策的分析工具

许多研究都对交通政策产生的影响进行了定性分析,为交通政策的制定提供参考<sup>[4-6]</sup>。然而,不同城市在社会经济发展、土地使用、交通设施、城市居民出行偏好等方面存在差异,单一的交通政策或者交通政策的组合使用可能产生复杂的影响,需要在科学的

政策分析工具支持下定量地研究这些政策对于城市交通的影响，为政策制定提供科学的依据。

模型是城市交通规划中应用最广泛的分析工具，能定量地分析政策的成本和效益。城市交通模型按照复杂程度可分为简单模型和大型模型，前者往往针对具体问题使用单一的模型，如回归模型、离散选择模型等，通常采用电子表格的形式，使用简单、数据要求低，适用于较为简单粗略的分析；后者是由大量模型构成的复杂的模型体系，如四阶段模型、活动模型等，模型更加精确，能应对的分析场景更多<sup>[7]</sup>。四阶段模型已经被中国很多城市用以预测未来交通系统的运行状况，其建模过程关注于模型各个阶段集计层面上的拟合，而忽略出行的行为基础，因此在交通政策的分析上存在先天的不足。活动模型的开发起源于对出行是活动所派生需求的认知，在建模理论上更加合理也更加复杂，能广泛应用于交通政策的分析<sup>[8]</sup>。然而，活动模型开发、使用、维护的难度和成本较高，模型对数据的要求很高。

根据不同城市交通发展状况、交通政策分析诉求、技术力量、资金约束选择合适的模型非常重要。传统的四阶段模型和理想的活动模型并不是非黑即白的选择，两者之间有很多“中间”模型，即通过有选择地在传统四阶段模型中引入一些活动模型常用的建模方法，使得四阶段模型也可拥有活动模型的一些属性，增加模型对特定政策分析的适用性，同时又不大幅增加成本。基于中国城市交通政策分析的诉求，本文从活动模型建模方法中分离出能够与传统四阶段模型相结合从而改进传统建模方法的一些模块，并总结这些模块的建模方法和适用场景，为城市定制满足不同交通政策分析诉求的城市交通模型体系提供参考。

### 3 定制城市交通模型体系

将复杂的城市交通模型视为由多个相互间独立、能单独完成某项工作的模块按照一定的结构组合而成的体系，是目前国际上流行的城市交通模型设计思路<sup>[7]</sup>。用户可以简单地根据自身需要定制模型体系，或在同样的模型体系中使用不同的模块实现不同的功能。本文借鉴这种模型设计思路，将传统的

四阶段模型(基于小区、基于出行的建模体系)作为基本模型，将活动模型(基于家庭或个人、基于活动的建模体系)作为理想模型，提出4个模块。在基本模型的基础上，城市可以根据自身需要，在这4个模块中选择一个或多个模块定制适合城市的交通模型体系。图2为基本模型、定制模型、理想模型在模型的易用性和政策分析适应性上的分布示意。易用性可以理解为模型的开发、维护、使用的难易程度和时间、资金成本的节约程度；政策分析适应性可以理解为模型适用交通政策的广泛性和对特定交通政策的敏感性。

#### 3.1 基本模型：四阶段模型

四阶段模型是国内外最常用的城市交通模型体系，由交通生成、交通分布、交通方式划分和交通分配四个阶段组成模型体系框架，在每一阶段通常使用交叉分类法与线性回归模型(交通生成)、重力模型(交通分布)、离散选择模型(交通方式划分)和平衡分配算法(交通分配)。四阶段模型较为适用于大型交通设施建设的分析(即研究交通供给的改变对于城市交通系统的影响)，而并不能较好地适应交通政策分析(即研究交通行为的改变对于城市交通系统的影响)。

#### 3.2 定制模型

##### 3.2.1 模块1：人口合成

交通小区内人口及其社会经济属性是城市交通模型中重要的输入变量。传统的四阶

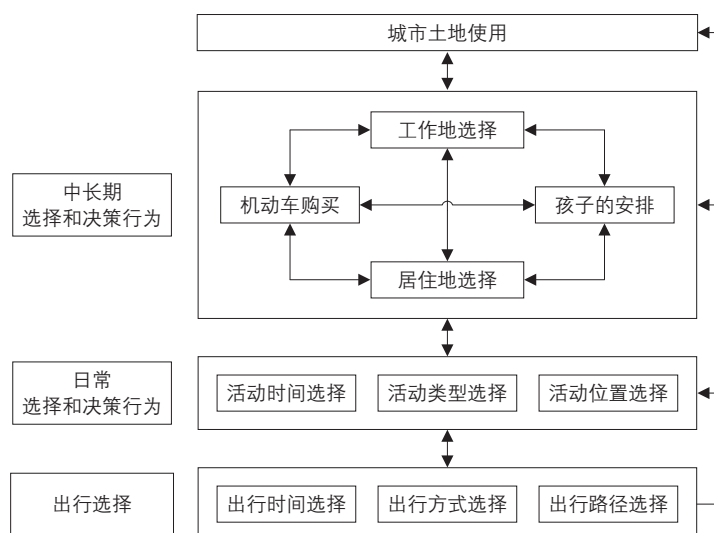


图1 影响居民出行行为的选择与决策

Fig.1 The choices and decisions affecting residents' travel behavior



段模型将交通小区内的人口仅按照年龄、私人小汽车拥有等属性进行集计,模型的基本分析单元是具有相同属性的人群。而活动模型建模的基本分析单元是个人或家庭,因此通常人口合成都是活动模型的第一步。人口合成指按照人口社会经济属性的统计规律生成具体的个人或家庭。人口合成的方法较多,较常用的是根据人口普查和居民出行的数据,在一定的空间范围内(通常是部分交通小区的集合)计算人口社会经济属性的多维概率分布,例如先将人口按年龄做概率分布,然后按工作类型做条件概率分布,进而再按收入做条件概率分布,最后按小汽车拥有做条件概率分布,最终生成一个四维的概率分布。然后,可以采用蒙特卡罗模拟的方法合成得到该空间范围内的所有人口,包含年龄、工作类型、收入、私人小汽车拥有等四项属性信息。

传统四阶段模型在每一个阶段的输出结果都是一些含有大量空值和小数的矩阵,用以表示出行概率或总和,如果建模过程中试图通过增加人口属性或出行目的的分类以提高模型精度,矩阵的数量也会乘积式增长,进而大幅增加计算量。而采用合成的人口作为输入的四阶段模型,输出结果是对应于人口的出行列表,相比矩阵更加容易理解,在建模时也只需要逐条计算出行列表内的出行记录。增加人口属性或出行目的分类并不会增加计算量,还能使模型包含更多的解释变量,从而提高模型精度。例如,传统四阶段模型在交通方式选择中一般只考虑可选交通方式的出行费用和出行时间,而通过人口合成能够在模型中增加人口社会经济属性,如

年龄、工作类型、收入等其他变量。

在交通政策分析中,拥堵收费等价格政策的影响评估需要考虑出行者的支付意愿,其往往依赖于收入等个人属性以及出行目的,因此总的来说,更加丰富的人口属性信息能够得出更准确的政策分析结论。另外,人口合成使得城市交通模型能够分析交通政策对于个人的影响,进而根据研究需要可以将个人按照社会经济属性等进行灵活集计分析,非常适用于评价交通政策对不同阶层人口或不同地理空间人口的影响,即开展交通政策的公平性分析。

### 3.2.2 模块2: 可达性变量

通常认为可达性无论对家庭或个人中长期的决策,还是对日常的活动决策都有重要影响。根据不同研究和应用的需要,可达性有较多的定义和计算方法,如图论和空间分隔模型、累计机会模型、重力模型、效用模型等<sup>[9]</sup>。在交通方式选择模型中,Logit模型是最常用的一类离散选择模型。在Logit模型中,可以采用logsum项(所有选择肢效用总和)衡量消费者剩余或社会总福利,其不仅可以单独用于交通政策评价,即衡量不同政策情景下的社会总福利,同时本身也是非常理想的衡量可达性的变量<sup>[10]</sup>。logsum项表示的可达性实质是将两点间所有可能的交通方式的效用根据真实的交通方式比例进行综合。因此,不仅可以将交通方式选择模型中得到的logsum项加入交通生成模型以反映可达性对于交通生成的影响,也可以将其加入交通分布模型中作为阻抗因子。

传统的四阶段模型在交通生成阶段通常使用交叉分类法确定不同类别人群不同类型出行的生成率,忽略了可达性的变化对于出行生成的影响。通过增加logsum项,使得模型能够考虑交通设施建设带来的可达性变化对交通生成的影响,尤其是新建轨道交通、快速公交、快速路等大型交通设施的时候。在交通分布阶段,传统四阶段模型通常选取距离或综合交通阻抗作为交通阻抗因子,前者在应用上较为简单但不能很好地反映交通设施变化产生的影响(如公共交通设施建设和道路扩容等并不会影响空间距离),后者虽然考虑了各种交通方式的综合影响,但是往往只在较大的空间范围内确定每种交通方式的权重,而logsum项可以根据每一组小区间出行的交通结构确定相应的权重。由于

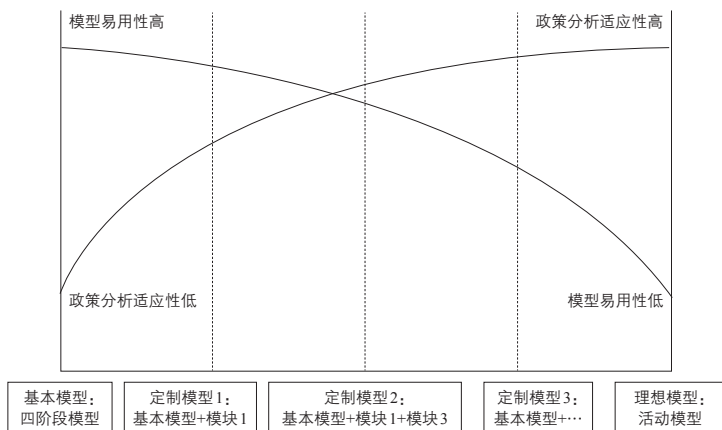


图2 城市交通模型的易用性和政策分析适应性

Fig.2 The adaptability of urban transportation model for policy analysis

Logit 模型在交通方式选择的建模中不仅反映不同交通方式出行时耗变量,也反映出行费用变量,有些还反映个人社会经济属性变量,因此 logsum 变量除了能够反映交通设施改变导致出行时间改变对于可达性的影响,也能够反映城市交通系统收费、补贴等价格机制变化导致出行费用改变对于可达性的影响,以及小区土地使用变化导致小区人口社会经济属性变化对可达性的影响。

### 3.2.3 模块3: 出行时间选择

将全日划分成不同的时段,如早高峰、晚高峰、中午、夜晚4个时段或按小时分为24个时段,使用离散选择模型进行出行时间的选择。由于不同社会经济属性的个人选择不同的时间进行某项活动有不一样的效用(通常认为进行某项活动会产生正的效用,而为参加这项活动需要花费的出行费用、出行时间将产生负的效用),因此出行费用和出行时间在不同时段内的变化将对活动效用产生影响。通常出行时间的变化可以分为两类:第一类是出行时段的重新选择,例如因拥堵收费、停车收费等交通价格政策将原计划安排在晚高峰的购物出行调整至晚上;第二类是出行时间在同一时段的提前或延后,例如企业采用弹性工作制,员工如选择提前1h上班,则可以提前1h下班。通常,城市交通管理策略和公共交通等交通设施供给在不同时段存在差异性,因此可以建立以离散的时段为选择肢的离散选择模型,用于分析政策对出行时段重新选择的影响。如果还需要分析出行时间在同一时段内的变化,则要将每小时作为选择肢进行建模,因此需要更加详细的每小时交通供给和交通服务水平的数据。而在传统的四阶段模型中,高峰小时的OD矩阵往往通过全天OD矩阵与确定的系数相乘得到,比例系数往往根据居民出行调查得出,无法反映由于交通政策等引发的出行时间改变。

### 3.2.4 模块4: 出行链

出行链通常是基于居住地点的一系列连续出行的组合,同一出行链中的出行在出发地点、到达地点、交通方式、出行时间上具有连贯性。传统的四阶段模型以出行作为建模的基本单元,建模较为简单,但其忽视了出行之间的内在联系。出行链模型在建模时通常首先根据居民出行调查确定城市居民主要出行链类型,建立出行链库。进而以居民

社会经济属性为主要变量建立离散选择模型进行出行链的选择,如将该模型应用于个人,则为非集计建模,所需要的输入是模块1的合成人口;如将该模型应用于小区,则为集计建模,所需要的输入是传统的小区按照社会经济属性进行分类的人口总数。最后考虑出行链中前后出行的相互影响,再对每一次出行进行位置和交通方式的选择<sup>[11]</sup>。

将出行链作为交通模型建模的基本单元,不仅能够将传统四阶段模型中最难预测的非基于家的出行联系到出行链中,也能考虑出行链中不同出行方式选择的相互影响,如使用私人小汽车上班,则下班和上下班途中的接送、购物通常也会使用私人小汽车,而不是如传统四阶段模型再进行一次交通方式选择;还能建立更加精确的出行位置选择,如在家—购物—工作这样的出行链中,购物地点的选择可能与家的位置和工作地的位置都有关系,而传统四阶段模型将其看作基于家的购物出行,仅考虑家的位置对于购物地点选择的影响。这三个方面能大幅提高模型的精度,后两个方面也使得模型能更加准确地评估一些土地使用政策的影响。以增加土地混合使用来减少居民对私人小汽车依赖的政策为例,假设某居民需要完成一次购物出行,如果社区周围有新的超市,在基于出行的模型中,由于并不考虑这次出行与前后出行之间的关系,其很可能会改变购物的地点和交通方式;而在基于出行链的模型中,如果该居民习惯在下班途中顺路去某家超市购物,其改变购物出行的地点和交通方式的概率相对更低。

### 3.2.5 模块的组合应用

四阶段模型中每一阶段使用的模型都是独立的,相邻两阶段模型间的联系仅仅只是前一阶段模型的输出是后一阶段模型的输入,而后一阶段模型并不对前一阶段的模型有任何反馈。可能某些城市交通模型会根据初次交通分配的结果重新计算交通小区间的阻抗和交通方式的效用,然后再进行一次交通分布、交通方式划分和交通分配,但这属于模型整体的循环。虽然这种没有反馈的模型体系的设计思路存在缺陷,但最大程度保证了四阶段模型的易用性。本文提出的4个模块在四阶段模型体系中大多分属不同的阶段,例如人口合成模块应用于四阶段建模前,是四阶段模型的数据输入;可达性变量

模块应用于交通生成阶段,是在线性回归模型中增加一个可达性变量;出行链模块直接应用于交通生成阶段,但也需要在交通分布和交通方式划分中根据出行链的特性对模型进行一定调整;出行时间选择模块通常应用于交通方式划分和交通分配之间,用以替换传统的高峰小时系数。总体来说,四阶段模型各阶段本身的独立性能保证这些模块在四阶段模型的结构框架内任意组合使用。其中可达性变量模块和出行链模块同属交通生成阶段,组合使用也仅仅只是在使用离散选择模型生成出行链时增加一个可达性变量。

### 3.3 理想模型:活动模型

无论是针对出行的建模还是针对出行链的建模,都是直接将小区的人口和就业岗位与出行或出行链相关联,而忽略了交通是活动的派生需求这一理念。针对活动的建模,其建模对象是个人每日的活动(如睡眠、上班、购物、娱乐、家务等),而出行则是由于个人需要在不同地点完成这些活动而产生的交通需求。最常用的活动模型建模方法有两类:一类是基于效用的活动选择模型,采用自上而下的建模思路,首先在固定的活动类型库中使用离散选择模型进行个人活动日程的选择,进而再对每项活动选择开始时间、持续时间、地点、交通方式等;另一类是基于规则的活动安排模型,采用自下而上的建模思路,首先生成一系列包含开始时间、持续时间的活动,进而按照一定的规则将生成的活动组合成日程,最后进行位置和交通方式的选择<sup>[12]</sup>。

活动模型可以建构出个人一天内完整的活动日程,进而根据活动日程生成出行链,最终得到出行。由于有了详细的出行时间信息,在交通分配中可以使用动态交通分配技术,克服传统平衡分配算法的一些缺陷<sup>[13-14]</sup>。使用动态交通分配技术能够反映车辆运行的驾驶特性(加减速特性),因此能大幅提高车辆排放分析的精度。根据活动时间还可以判断机动车出行的停车时间、停车时长,因此能够分析与停车时间、时长相关的差异化停车收费政策对于城市交通系统的影响。活动模型也可以对家庭内部成员间的相互作用(如私人小汽车的分配、接送、合乘等)建模,不仅能提高出行方式选择模型的精度,也能用于评估高承载率车道(HOV车道)等交

通管理政策的影响。

## 4 结语

随着中国城市交通设施的日益完善,城市交通发展的重心将逐渐从大规模的交通设施建设转移至多元化的交通政策和精细化的交通管理,预测城市交通系统在不同交通政策情景下的运行状况是政策制定的首要工作。四阶段模型尽管能很好地适应交通设施的分析,但在交通政策的分析上存在与生俱来的缺陷。基于行为理论的活动模型能够清晰地判断出行者在不同交通政策情景下做出的出行决策,因此更加适用于交通政策分析。但是活动模型开发、维护、应用难度大,成本高,在中国城市综合交通模型建模中较难广泛应用。本文根据城市交通模型发展的需要,以四阶段模型为基本模型,借鉴活动模型的建模方法提出4个可以单独或组合使用的改进模块,使改进后的四阶段模型具有某些活动模型的特征和功能,从而满足不同的交通政策分析诉求。

参考文献:

References:

- [1] Kitamura R. Applications of Models of Activity Behavior for Activity Based Demand Forecasting[C]//Texas Transportation Institute. Proceedings of Activity-Based Travel Forecasting Conference. USA: Government Printing Office, 1997: 119-150.
- [2] Davidson W, Donnelly R, Vovsha P, et al. Synthesis of First Practices and Operational Research Approaches in Activity-Based Travel Demand Modeling[J]. Transportation Research Part A, 2007(41): 464-488.
- [3] Santos G, Behrendt H, Maconi L, et al. Part I: Externalities and Economic Policies in Road Transport[J]. Research in Transportation Economics, 2010, 28(1): 2-45.
- [4] 姜洋. 系统动力学视角下中国城市交通拥堵对策思考[J]. 城市规划, 2011, 35(11): 73-80.  
Jiang Yang. Reflections on Anti-congestion Policies in Chinese Cities from System Dynamics Perspective[J]. City Planning Review, 2011, 35(11): 73-80.

(下转第22页)



象方案,如极端天气下的污染物浓度情况。

## 6 结语

通过交通研究机构和环境研究机构的通力合作,上海市初步建立了机动车交通排放模型,实现了较好的应用效果。但模型仍需要双方部门共同研究和深化,还需要开展大量工作。在机动车交通排放模型的构建过程中认识到,有必要加快构建全国统一的机动车交通排放模型。中国对于机动车交通排放仅有一个清单编制办法,没有构建基于交通模型的排放模型。一些大城市依托国外模型,自行建立基于交通模型的排放模型,由于各个城市使用的模型类型不一致,导致各个城市计算结果的可比性较差。从长远来看,应当由国家环境保护部门组织构建全国统一的、基于交通模型的机动车交通排放模型,并出台使用手册。而模型的应用,特别是交通政策的减排效果评价,应由交通研究机构来开展。

参考文献:

References:

- [1] 朱洪,程杰.机动车交通政策的环境影响评价技术研究[C].中国城市规划学会城市交通规划学术委员会.新型城镇化与交通发展:2013年中国城市交通规划年会暨第27次学术研讨会论文集.北京:中国建筑工业出版社,2014:4.
- [2] 马因韬,刘启汉,雷国强,等.机动车排放模型的应用及其适用性比较[J].北京大学学报(自然科学版),2008,44(2):308-316.  
Ma Yintao, Lau Alexis K H, Louie Peter K K, et al. Application of Vehicular Emission Models and Comparison of Their Adaptability[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2008, 44(2): 308-316.
- [3] 上海机动车交通排放模型研究课题组.上海机动车交通排放模型建立[R].上海:上海市城乡建设和交通发展研究院,2015.
- [4] 中华人民共和国环境保护部.道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南(试行)[R].北京:中华人民共和国环境保护部,2015.

(上接第54页)

- [5] 丘银英,唐立波.城市交通拥堵及治堵政策刍议[J].城市交通,2012,10(2):40-45.  
Qiu Yinying, Tang Libo. Discussion on Urban Traffic Congestion and Counter Measures[J]. Urban Transport of China, 2012, 10(2): 40-45.
- [6] Wang R. Shaping Urban Transport Policies in China: Will Copying Foreign Policies Work? [J]. Transport Policy, 2010, 17(3): 147-152.
- [7] Meyer M, Miller E. Urban Transportation Planning[M]. 2nd edition. USA: McGraw-Hill Companies, 2001.
- [8] Vovsha P, Bradley M. Advanced Activity-Based Models in Context of Planning Decisions[J]. Transportation Research Record, 2006(1981): 34-41.
- [9] Bhat C, Handy S, Kockelman K, et al. Urban Accessibility Index: Literature Review[R]. USA: Center for Transportation Research, the University of Texas at Austin, 2000.
- [10] Jong G D, Daly A, Pieters M, et al. The Logsum as an Evaluation Measure: Review of the Literature and New Results[J]. Transportation Research Part A, 2007, 41(9): 874-

889.

- [11] Bowman J, Bradley M, Shiftan Y, et al. Demonstration of an Activity-Based Model System for Portland[C]//Elsevier. Selected Proceedings of the 8th World Conference on Transport Research. Belgium: Elsevier Science Publishing Company, Incorporated, 1999: 171-184.
- [12] Algers S, Eliasson J, Mattsson L. Is It Time to Use Activity-Based Urban Transport Models? A Discussion of Planning Needs and Modelling Possibilities[J]. The Annals of Regional Science, 2005, 39(4): 767-789.
- [13] Ortúzar J D, Willumsen L G. Modelling Transport[M]. 4th edition. UK: John Wiley and Sons, 2011.
- [14] Hao J Y, Hatzopoulou M, Miller E. Integrating an Activity-Based Travel Demand Model with Dynamic Traffic Assignment and Emission Models: Implementation in the Greater Toronto Area, Canada[J]. Transportation Research Record, 2010, 2176: 1-13.