

# 中国城市交通模型现状问题探讨

陈先龙

(广州市交通规划研究院, 广东 广州 510230)

**摘要:** 中国城市交通模型发展历经30年, 在对超大城市及特大城市的交通基础设施规划建设决策及交通政策研究发挥重要作用的同时也存在诸多问题。首先, 从交通模型的定义、体系和精度三个方面阐述交通模型的基本概念。其次, 指出交通模型未考虑职住相对稳定状态的理论缺陷、超前规划基础信息甄别、大数据与传统抽样调查的关系以及与非专业人员交互等方面面临的问题及解决方案设想。最后, 从交通模型开发者的角度, 提出优秀交通模型工程师的基本素质要求。

**关键词:** 交通规划; 交通模型; 大数据; 交通模型工程师

A Review on Urban Transportation Models in China

Chen Xianlong

(Guangzhou Transport Planning and Research Institute, Guangzhou Guangdong 510230, China)

**Abstract:** Urban transportation model has been playing a significant role in transportation infrastructure planning and policy-making in China over the past three decades. Along with progress, a couple of challenges are also needed to face them up. Firstly, this paper demonstrates the basic concept of transportation model through the definition, framework, and accuracy measure. Then, highlights the theoretical deficiency of ignoring the issue of house-job balancing, the uncertainty of pre-planning information, the relationship between traditional survey and big data, and the corporation between paraprofessional workers, in the meanwhile, proposes solutions to cope with those issues. Finally, discusses the fundamental requirements and features of being a qualified modeler.

**Keywords:** transportation planning; transportation model; big data; transportation modeler

收稿日期: 2015-12-03

作者简介: 陈先龙(1978—), 男, 安徽当涂人, 教授级高级工程师, 信息模型所副所长。主要研究方向: 城市交通模型开发与应用、交通仿真研究。E-mail: harleych@163.com

20世纪80年代, 结合中国第一轮大规模居民出行调查, 北京<sup>[1]</sup>、上海<sup>[2]</sup>、广州<sup>[3]</sup>、天津<sup>[4]</sup>等城市率先建立综合交通模型, 发展至今已有约30年的历史。毋庸置疑, 交通模型对支持超大城市及特大城市的交通基础设施规划建设决策及交通政策研究发挥了重要作用。然而, 令人遗憾的是交通模型目前的地位非常尴尬, 甚至在某些场合只强调应用交通模型技术, 而不强调应用的准确性和科学性, 对关键的数据来源、模型选择、参数标定、模型校验等内容缺少足够关注, 导致交通模型在相关研究报告中的出现形式大于内容。这固然有交通模型精度不高的原因, 更重要的原因还是对交通模型认识不足。本文从对交通模型的认知、交通模型问

题与缺陷, 以及交通模型工程师的职业素养等方面进行分析, 探讨如何正确看待交通模型现状问题。

## 1 交通模型基本概念

### 1.1 交通模型定义

交通模型是反映交通系统内在规律的数学模型组合, 并通过数字、图形、影像、视频等形式来描述, 融合交通工程学与社会学、人口学、经济学、统计学、行为学、信息学等多种学科理论, 运用数理方法和计算机软硬件设备, 对交通政策与规划、建设与投资、运行与管理等各阶段决策提供支持的重要定量分析技术。

本质上,交通模型是运用数学模型对城市进行解析的方法,对城市交通解析的透彻程度将决定模型质量的优劣。现状交通模型是对城市现状的解释,规划交通模型则是对城市未来发展的判断,也即对城市规划的解读。只有理解城市才可能建立一个优秀的模型。理解城市体现在两个本地化:1)队伍本地化,只有扎根本地的专业人员才可能较为全面地了解和掌握整个城市,这是先决条件;2)参数本地化,各城市自然条件、人口组成、空间结构、基础设施条件等方面的差异造成居民出行偏好和特征不尽相同,完全照搬其他城市的模型参数必然无法真实解释本地居民出行行为,因此必须结合专项调查进行本地化的模型参数标定。

关于交通模型的另一个观点是软件不是模型。将模型软件与交通模型混为一谈的论断并不罕见,因此有必要辨明软件和模型的关系。模型分析软件为交通模型的设计提供基础平台。然而,拥有软件仅仅是开始,基于模型软件收集数据、设计建立模型、标定参数、校验模型的过程被称为建模,应用于交通分析和评价的建模成果称之为交通模型。软件只是工具,不是模型本身。

## 1.2 交通模型体系

对应不同层次分析所需要的交通模型不同,无论是从分析方法还是分析工具,现阶段无法实现通过一个交通模型满足所有类型交通分析的需要。基于分析对象的不同可以将交通模型分为三层四类交通模型(见图1),分别为宏观交通战略模型、中观交通运行模型与专题模型,以及微观交通仿真模型。

### 1) 宏观交通战略模型。

为城市交通发展政策研究、区域性交通

走廊分析、重大交通基础设施规划建设决策提供快速测试和分析,适用于交通发展战略测试与区域交通发展研究。

### 2) 中观交通运行模型。

在宏观交通战略模型的基础上对交通分区系统、交通网络系统和交叉口控制方式等方面进行细化,力求在交通量、车速等方面反映实际交通运行状况。

### 3) 专题模型。

指对特定区域范围或者某种交通系统等需要特别分析建立的精细化模型,对象包括中央商务区、区域性交通枢纽、地铁网络系统、城市高架道路系统等。专题模型是宏观战略模型与中观运行模型的细化,兼容上层模型的基本信息,满足专题模型提出的特别分析需要。

### 4) 微观交通仿真模型。

主要包括行人和车辆两大类。行人仿真主要模拟人与人、人与环境之间的相互作用,反映步行空间的行人流动状况。车辆仿真模型按照跟车模型、换车道模型和可插入机会模型反映车辆个体之间的相互关系,并通过二维和三维的表现形式展现地区的道路交通运行状况并提取评价指标。

不同层次、不同类型的交通模型均有其特定的适用范围,因此需要构建较为合理的交通模型体系结构,从满足基本分析需求着手,同时具备一定的可扩展性,各层次的模型使用相同的基础数据库,各模块既能够独立运行,又能够衔接和交互,为交通分析提供统一的基础平台。总之,宏观—中观—微观模型为向下继承和向上反馈的关系,即下一层次模型从上一层次模型中继承相关的信息,在此基础上进行细化和深入研究,并将深化过程中所得的可供上一层次模型使用的数据进行反馈。

## 1.3 交通模型精度

预测精度是检验模型可靠性的重要指标,但现阶段中国很多城市的模型预测精度不高。问题可能存在于预测前提、方法论、参数等方面,不一而足。将预测精度简单归结为模型是否准确稍显牵强。模型预测本身是一个IF-THEN过程,即在同一套模型参数体系下,一个假定对应一个结果。在现实中假定通常变化较快,这与中国城市建设处于高速发展阶段有关。这对模型工程师提出较高要求,他们需要读懂并理解城市才可能做

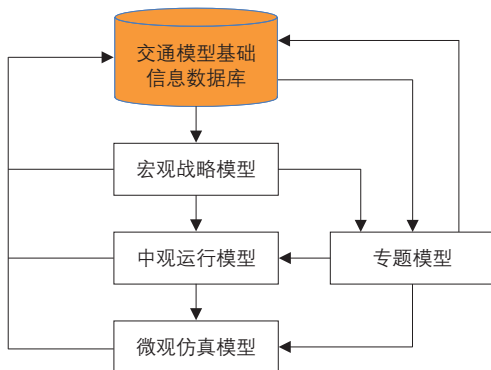


图1 交通模型组成结构

Fig.1 Framework of transportation model

出较为准确的预判。然而，由于存在太多具有不可预测性的因素，模型只能通过设定概率的方式来描述可能考虑到的因素。因此，预测年限在3~5年的短期预测和结合高频数据的短时预测结果可以保持较高精度。

尽管长周期预测结果精度有限，但仍具有一定的重要性和必要性：1)长周期预测模型是一定时期内对未来的判断，可为未来规划决策方案提供统一的分析平台，方便不同方案的同平台比较，有助于辅助决策，这也是交通模型的核心功能之一，因此长周期的交通模型必不可少；2)模型需要持续更新和维护，将每年的小更新和周期性的大修正相结合，使得预测结果更为真实、准确。图2为美国圣地亚哥市1980—2005年五代交通模型的精度变化<sup>[5]</sup>，结果显示通过不断更新和维护，中长期预测结果有可能达到较高精度。

各层次交通模型的精度要求也不尽相同，且缺少交通模型精度检验标准。宏观战略模型侧重于中长期研究，预测精度难以检验，更多的是满足多方案同平台比较的要求。对于中微观模型的精度要求中国尚未出台相关标准和规定，英国公路署(The Highways Agency)颁布的《路桥设计手册》(Design Manual for Roads and Bridges, DMRB)<sup>[6]</sup>第12卷第二部分给出基于GEH指标(由Geoffrey E. Havers提出，校核模型拟合优劣的指标)的相关检验标准要求。中国城市现状交通模型可以参照该标准进行检验，未来有必要研究制定适合中国国情的标准。

GEH 计算公式为：

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}}, \quad (1)$$

表1《路桥设计手册》中建议的模型校核标准

Tab.1 Index for model validation by DMRB

指标与标准		可接受参考值
小时交通量分配值与观测值比较	单个流量误差小于15%，交通量为700~2 700 pcu·h <sup>-1</sup>	85%以上调查点位满足要求
	单个流量误差小于100 pcu·h <sup>-1</sup> ，交通量<700 pcu·h <sup>-1</sup>	
	单个流量误差小于400 pcu·h <sup>-1</sup> ，交通量>2 700 pcu·h <sup>-1</sup>	
旅行时间模拟值与实际观测值	核查线(一般包括5个以上调查点位)误差小于5%	全部或几乎全部核查线满足要求
	统计标准 单个点：GEH<5 核查线：GHE<4	85%满足要求 全部或几乎全部核查线满足要求
	误差小于15%(或者小于1 min)	85%以上路径满足要求

资料来源：文献[6]。

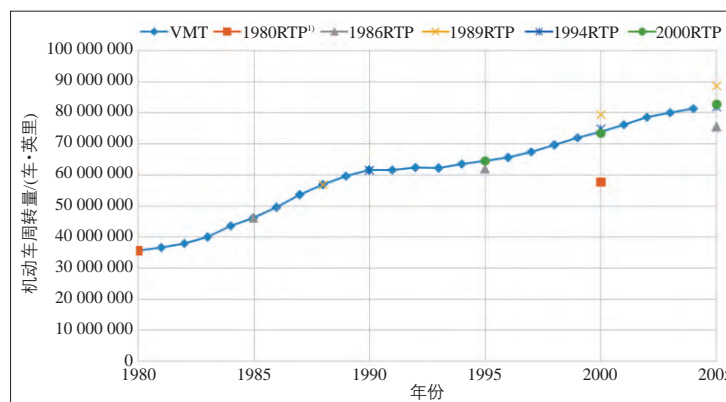
式中： $M$ 为模型模拟值， $C$ 为实际观测值。一般认为 $GEH$ 值小于5时，模型与实际观测值的拟合度较好，模型具有较高的可靠度。文献[6]中建议的模型校核标准见表1。

## 2 交通模型面临的主要问题

### 2.1 理论模型的缺陷

中国几乎所有城市的综合交通模型都是基于四阶段模型理论，其主要缺陷为各阶段的不一致性。文献[7]提出反馈算法在一定程度上降低了各阶段之间不一致性的影响。从国际上来看，一方面四阶段模型理论仍为主导，另一方面基于活动的模型(Activity-based Model)理论正由最佳理论走向最佳实践(State-of-Art to State-of-Practice)，在美国已有约33个都市规划组织(Metropolitan Planning Organization, MPO)开发完成或者正在开发基于活动的交通模型<sup>[8]</sup>。

然而，无论是四阶段模型理论还是基于



1) RTP指区域交通规划(Regional Transport Planning)。

图2 圣地亚哥市五代交通模型预测精度变化

Fig.2 Accuracy changes of five generations of SANDAG Transport Demand Models

资料来源：文献[5]。



活动的模型理论,人口和就业岗位均互相独立,在使用中通过重力模型或者选择模型来建立联系。事实上,作为出行主体的人,在一定时期内具有相对稳定性,包括固定的居住地和工作岗位以及相对稳定的生活出行圈。目前的模型理论均无法反映这种相对稳定的对应关系,通过分布模型和选择模型所建立的对应关系只是无穷多种可能解中的一组,几乎可以说与实际是脱节的。究其根本原因,缺少人口、就业岗位的对应关系是关键。这与技术手段的缺乏不无关系,传统调查成本高,难以实现人口与就业岗位对应关系普查。

随着大数据技术和互联网+的发展和运用,已经能够实现通过手机信令数据等建立既有人口和就业岗位之间的链接,反映现实相对稳定的活动状态。未来理想交通模型开发模式,应基于现状人口、就业岗位及其对应关系,同时考虑住宅更换模型和就业岗位更换模型,结合新增人口和就业岗位预测结果来设计。对于居住地和就业岗位均未变更的对象采用类似增长率模型进行分析,而针对变化的人口和就业岗位可以采用四阶段模型或者基于活动的分析模型进行研究,充分反映人口和就业的相对稳定状态。

## 2.2 规划人口与现实的矛盾

规划与现实的矛盾源自模型基础数据的取舍。城市规划反映的是城市愿景,或者说是规划人的理想,然而理想与现实往往存在差距。以广州市为例,2007年广州市委市政府在2000年《广州城市建设总体战略概念规划纲要》<sup>[9]</sup>中提出的“南拓、北优、东进、西联”的基础上增加了“中调”战略,旨在优化与提升中心城区,疏解中心城区人口。事实上旧城荔湾、越秀、天河、海珠四区的常住人口从2007年419.5万人<sup>[10]</sup>发展至2014年514.3万人<sup>[11]</sup>,增长约22.6%。单从这点来看,城市实际发展与规划目标背道而驰。2015年中国城市规划年会上,郭仁忠院士在“规划问题的大数据路径”报告中指出“全国新城新区规划人口达34亿人”。由此可见,完全依赖规划数据进行预测的结果偏差无法想象。

以上两个事例说明,在建模过程中要甄别数据的可靠性和可用性,这也要求模型工程师应充分理解城市。然而,城市总体规划往往是众多研究的依据。可行的做法是将现

实可能发生的情形作为基本情形,而将城市规划明确的目标作为理想情形来考虑。

## 2.3 大数据与小样本调查

2015年3月,李克强总理在政府工作报告中提出,“制定‘互联网+’行动计划,推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合,促进电子商务、工业互联网和互联网金融健康发展,引导互联网企业拓展国际市场”。大数据在交通模型中的应用也日趋成熟,以上海市为代表的手机信令数据在城市居民出行活动规律、职住分布研究、公共设施服务半径等方面的成功应用丰富了交通模型的基础数据,拓展了交通模型的技术手段,对模型的标定、校验和精度的提升起到了事半功倍的效果。成功的前提是能够获得相关基础数据,故需要解决数据源问题。然而数据源掌握在中国移动、联通、电信及腾讯、百度等巨型央企或互联网公司手中,数据渠道通常对交通模型工程师而言封闭。这需要政府从顶层设计进行统筹考虑,疏通数据共享与使用途径。

大数据应用的成功不能掩盖其缺陷,在一定程度上大数据分析的核心思想是要全体不要抽样、要效率不要绝对精确、要相关不要因果,这使得用户知道是什么却不知道为什么。模型工程师不能因为大数据而放弃理性思考,逻辑分析不应湮没在海量数据中。放弃对因果的追求则会丢失模型工作的科学性和严谨性。

大数据的推广和应用带来的另一个观点是大数据可以替代传统调查。从现阶段来看,大数据和小样本调查各有优劣,大数据完全代替小样本调查的观点不可取。小样本调查尽管存在抽样误差、调查误差等诸多缺陷,但对于问题的剖析也较为全面准确,而且其调查的针对性也是大数据无法比拟的。交通模型理想的数据利用模式应当为“大而全”和“小即是美”<sup>[12]</sup>的结合,既要发展大数据,又要善用小数据。

## 2.4 专业与通俗的矛盾

交通模型开发与应用是一项专业性较强的工作,不仅大众难以理解,很多业内人士也难以全面掌握模型问题。这说明目前交通模型成果表达形式确实存在问题。交通模型成果表达涉及众多专业术语,存在较多意思相近、不易理解的概念。例如,某路段上

行方向比下行方向交通拥堵严重,但是上行方向交通量反而较小。如何通过通俗易懂的表现方式来解释交通模型的结论成为亟须解决的问题。一方面,可以使用微观仿真模拟软件,通过二维图形和三维视频来展现;另一方面,需要引入新的表现手法或工具软件,例如百度迁徙图使用ECharts工具<sup>[13]</sup>展现OD分布。尽管目前交通模型工程师做了很多努力,也起到了一定效果,但要做到从专业到通俗,还有很长的路要走。

### 3 结语

交通模型的开发和应用是一个系统集成过程,这要求优秀的模型工程师应具备复合型的知识结构和技能<sup>[14]</sup>,包括交通工程学、数学、统计学、经济学、程序设计、GIS等多个方面。除此之外,优秀的模型工程师应是理想主义者和完美主义者,乐于接受新思想并不断追求卓越。合格的交通模型工程师本质上应为数据科学家,所有这些技能服务的主体均为设计和搭建优秀的交通模型系统,以交通的思想来运用这些技能。

当前已经有越来越多的工程师参与到交通模型开发中来,工具软件也越来越先进,这对交通模型行业发展具有积极意义。但由于技术规范不完善,行业门槛低,鱼目混珠现象也比较普遍,甚至一些项目只要求使用交通模型即可,而缺少对模型质量的关注。这对行业发展无疑是一剂慢性毒药,将会腐蚀行业根基。理解交通模型、正视交通模型面临的问题、提升从业者的素养,有助于推动中国城市交通模型技术的发展与规范化进程。

#### 参考文献:

#### References:

- [1] 郑猛, 张晓东. 北京城市交通规划模型发展历史、现状及趋势[C]//上海市城市综合交通规划研究所. 城市交通模型技术与应用: 城市交通模型研讨会. 上海: 同济大学出版社, 2007.
- [2] 陆锡明, 陈必壮, 董志国. 上海综合交通模型体系研究[C]//上海市城市综合交通规划研究所. 城市交通模型技术与应用: 城市交通模型研讨会. 上海: 同济大学出版社, 2007.
- [3] 贺崇明, 马小毅. 基于GIS的广州市交通规划模型的特点与发展[C]//上海市城市综合交通规划研究所. 城市交通模型技术与应用:

- 城市交通模型研讨会. 上海: 同济大学出版社, 2007.
- [4] 邹哲, 蒋寅, 朱海明, 万涛. 天津市综合交通模型框架及关键技术探索[J]. 城市交通, 2013, 11(5): 28-36.
- Zou Zhe, Jiang Yin, Zhu Haiming, Wan Tao. Comprehensive Transportation Model Framework and Key Technologies in Tianjin[J]. Urban Transport of China, 2013, 11(5): 28-36.
- [5] Yi H. Regional Travel Modeling: A Case Study of the SANDAG Model[R]. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology, 2012.
- [6] The Highways Agency. Design Manual for Roads and Bridges, Volume 12, Section 2: Traffic Appraisal in Urban Areas[R]. London: The Highways Agency, 1996.
- [7] Transportation Research Board Travel Demand Modeling and Network Assignment Models[R]. Washington DC: Transportation Research Board, 1994.
- [8] 邓兴栋, 马小毅, 陈先龙, 等. 国际交通模型发展进展[R]. 广州: 广州市交通规划研究院, 2015.
- [9] 王蒙徽, 段险峰, 袁奇峰, 等. 广州城市建设总体战略概念规划纲要[R]. 广州: 广州市城市规划局, 2000.
- [10] 贺崇明, 邓兴栋, 马小毅, 等. 2007广州市交通发展年度报告[R]. 广州: 广州市交通规划研究所, 2008.
- [11] 邓兴栋, 马小毅, 景国胜, 等. 2014广州市交通发展年度报告[R]. 广州: 广州市交通规划研究院, 2015.
- [12] 李翔敏, 戴帅. 基于大数据的道路交通管理反思: 小即是美[J]. 城市交通, 2015, 13(3): 71-75.
- Li Xiangmin, Dai Shuai. Retrospection on Big Data-based Road Traffic Management: Smaller Can be Better as Well[J]. Urban Transport of China, 2015, 13(3): 71-75.
- [13] 马小毅, 安金, 陈先龙, 等. 2015年广州市交通模型修正与校核[R]. 广州: 广州市交通规划研究院, 2015.
- [14] 陈必壮, 张天然. 中国城市交通调查与模型现状及发展趋势[J]. 城市交通, 2015, 13(5): 73-79.
- Chen Bizhuang, Zhang Tianran. Current and Future Development of Urban Travel Survey Methods in China[J]. Urban Transport of China, 2015, 13(5): 73-79.