

# 轻量级动态交通分配仿真平台 *DTALite* 在 交通规划领域的应用 ——以北京为例

魏贺 刘斌 周学松

**【摘要】** 动态交通分配是一种可捕捉动态出行行为（出发时间选择、路线选择、出行成本选择、信息反馈选择等）与交通网络特性间相互关系的建模方法。交通规划、交通管理和智能交通等领域的专业技术人员在实践应用中逐渐探索，利用动态交通分配解决更大规模、更复杂、更具挑战的综合交通问题。从区域交通改善、道路网规划设计、大型活动与特殊事件交通保障、恶劣天气应急规划、交通碳排放等角度介绍轻量级动态交通分配仿真平台 *DTALite* 在北京交通规划领域的应用实践情况，并阐述动态交通分配与中观仿真系统在国内交通规划领域应用所面临的机遇与挑战。

**【关键词】** 动态交通分配；中观交通模拟；*DTALite*；交通规划

## 0. 引言

动态交通分配(*Dynamic traffic assignment, DTA*)是一种可捕捉动态出行行为（出发时间选择、路线选择、出行成本选择、信息反馈选择等）与交通网络特性间相互关系的建模方法。在近四十余年的研究中，国外学者已在 *DTA* 理论基础、解析仿真、行为选择、算法解法等方面取得重大突破<sup>[1-3]</sup>，同时交通规划、交通管理和智能交通等领域的专业技术人员在实践应用中逐渐探索，利用 *DTA* 解决更大规模、更复杂、更具挑战的综合交通问题<sup>[4-6]</sup>。

国内学者从 90 年代中期起亦对 *DTA* 展开深入研究<sup>[7]</sup>，目前主要研究成果已基本达到国际先进水平<sup>[8-12]</sup>。以北京、上海、深圳为代表的特大城市开始借助 *DTA* 攻坚实时动态交通领域中的诸多瓶颈。如北京通过对交通运行监测数据的动态模拟与反馈，结合动态 *OD* 更新与 *DTA* 对宏观模型层面的出行参数进行实时标定<sup>[13]</sup>；上海围绕交通智能化工作，探索动态交通仿真模型的应用，为城市交通系统的动态管理决策提供科学依据<sup>[14]</sup>；深圳在交通大数据挖掘环境下提出中观交通模型建设技术流程及标准，使用中观模型评估片区交通改善方案与建设项目交通影响，以适应片区精细化城市规划管理需要<sup>[15]</sup>。

此外，由于大部分城市亟需完善多层次、一体化综合交通模型体系、缺乏具有系统性、前瞻性的交通模型技术工作指导手册和标准，同时相关部门尚未充分重视交通模型人才的培养，*DTA* 在大规模区域交通规划领域中的应用进展缓慢。因此，本文从区域交通改善、道路网规划设计、大型活动与特殊事件交通保障、恶劣天气应急规划、交通碳排放等角度介绍轻量级动态交通分配仿真平台 *DTALite* 在北京交通规划领域的应用实践情况，并阐述动态交

通分配与中观仿真系统在国内交通规划领域应用所面临的机遇与挑战。

## 1. 解决方案

### 1.1. 动态交通分配模型分类

从模型方法理论划分，动态交通分配模型可分为解析模型(*Analytical-based*)和模拟模型(*Simulation-based*)。解析模型描述宏观平均走行为，在确定存在性、唯一性等解属性问题上具有较强优势，因其较模糊地表达交通流传播，忽略交通流与走行时间之间的映射关系，此类模型的适用范围局限于小型假设路网的理论研究。模拟模型描述中、微观个体走行为，在现实路网适用性、交通特性捕捉能力、驾驶行为体现等方面具有较强优势，其建模灵活性导致此类模型缺乏稳定结构，难以确定相应解析属性。当前发展趋势为两者结合使用。

从模型行为选择特点划分，动态交通分配模型可分为路网均衡模型(*Equilibrium*)和旅途中模型(*En-route*)。路网均衡模型包括反推平日交通状况，预测交通系统改变所带来的影响，测试并评价交通管理系统的实施效果，如匝道控制、信号协调、时变收费等；旅途中模型包括对特殊事件、恶劣天气等事故影响的评估，评价车载信息和可变信息板等出行者信息系统策略，自适应交通控制和动态诱导等实时在线应用。*DTA* 模型分类，见表 1。

表 1 DTA 模型分类汇总表

划分依据	划分子依据	分类
方法理论	建模方法	解析( <i>Analytical based</i> ), 模拟( <i>Simulation based</i> )
	出行类型	单车型( <i>Single-Class</i> ), 多车型( <i>Multi-Class</i> )
	排队表达	点排队( <i>Point Queue</i> ), 空间排队( <i>Spatial Queue</i> )
	决策变量	路段流量( <i>Link based</i> ), 路径流量( <i>Route based</i> )
行为选择	出发时间选择	出发时间选择( <i>Departure time Choice</i> )和/并路径选择( <i>Route Choice</i> ),
	路径选择	出发前预测型路径选择( <i>Pre-Trip Adjustment/Predictive</i> ), 途中反应型路径选择( <i>En-Route Adjustment/Reactive</i> )
	需求弹性	固定需求( <i>Fixed Demand</i> ), 弹性需求( <i>Elastic Demand</i> )
时间平面	时间平面范围	单日( <i>Within-Day</i> ), 逐日( <i>Day-to-Day</i> )
	时间平面离散性	离散( <i>Discrete</i> ), 连续( <i>Continuous</i> )

资料来源：文献<sup>[10]</sup>

### 1.2. 动态交通分配模型特点

静态交通分配(*Static traffic assignment, STA*)对区域全日出行总量或高峰小时负荷度、拥堵速度、出行时间进行评估，是由单位小时 *OD* 加载和路段通行能力构成的准二维时空模型。在非拥堵条件下，具有较强的计算性和较高的准确性，其分配结果和有效性检验指标的可靠度较高。然而在拥堵条件下，*STA* 不能充分考虑拥堵的形成、持续与消散过程中交通流的相互影响与作用，无法准确描述现实交通拥堵的真实动态特性，其分配结果和有效性检验指标均与真实情况有较大的差异。*DTA* 是由时变 *OD* 加载、路段通行能力和路段拥堵密度构成的三维时空模型，可有效弥补 *STA* 的缺陷。*DTA* 模型与 *STA* 模型特点对比，见表 2。

表 2 DTA 模型与 STA 模型特点对比表

特点	静态交通分配	动态交通分配
需求加载	稳态需求，粒度为小时	时变需求，粒度为分钟
需求分配	分配阶段车辆存在于路径的每一处	模拟阶段车辆每个时间点仅出现在一处路段
最短路	瞬时	时变
通行能力约束	宽松，允许 $V/C > 1$ 无路段车辆密度约束	严格，受进出能力限制，不允许 $V/C > 1$ 有路段车辆密度约束
分配方法	路段特性函数(VDF)	交通流模型(TTF)
主要问题	无法反应连续时段互相影响	可反映现实排队回溢情况
	无法反应排队回溢造成的影响	可反映拥堵随时间演变情况
	无法反应用户多样性特征	可反映用户多样性特征
适用情况	自由流、非拥堵路网	拥堵路网（排队形成、持续/传播、消散）
	非基于现实交通流特性的交通规划	基于现实交通流特性的交通规划

### 1.3. 多层次、一体化综合交通模型体系

伴随交通问题日益严峻，总体战略规划、交通专项规划、缓堵措施和区域改善方案均需进行多场景评估，单一层面交通规划模型体系难以应对规划、政策、建设和管理等各层次决策分析的要求，必须构建多层次、一体化综合交通模型体系。该体系可实现宏观（可上升至区域战略）、中观、微观交通模型多层次应用，可对综合交通进行静态、动态、静动融合（可进一步结合实时应用）的一体化分析。

多层次、一体化综合交通模型体系可分为外包式、交流式和整合式三种<sup>[6]</sup>。外包式体系可实现多层次建模功能，不能实现一体化建模功能，兼容性、一致性程度较低，可使用多种交通模型商业软件；交流式体系可实现多层次、一体化功能，兼容性、一体化程度适中，可使用多种交通模型商业软件及开源软件；整合式体系可实现多层次、一体化功能，兼容性、一体化程度高，但需依赖一种交通模型商业软件。综合交通模型结构形式，见图 1。

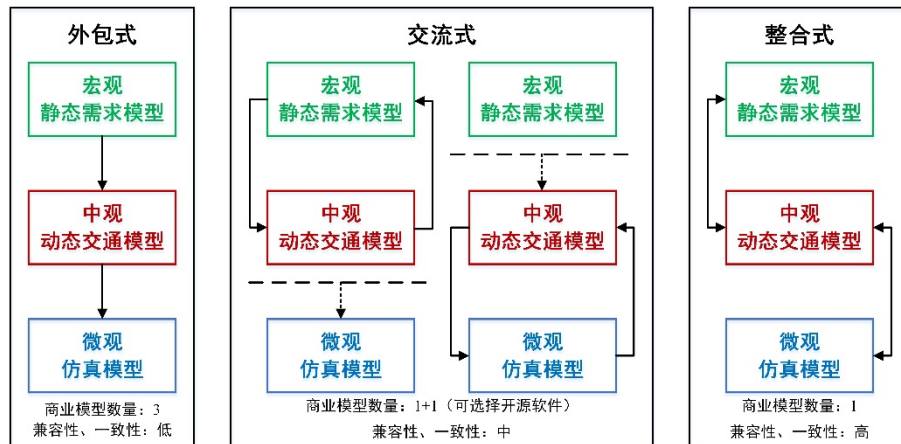


图 1 综合交通模型结构形式示意图

中观动态交通模型在多层次、一体化综合交通模型体系中起到关键的衔接作用，适用于区域/通道/分区研究范围，大/中/小型路网规模及需求规模，全时段/全分析精度/全分析维度。多层次、一体化综合交通模型体系适用情况，见表3。

表3 多层次、一体化综合交通模型体系适用情况汇总表

特点	研究特征	宏观静态需求模型	中观动态交通模型	微观仿真模型
研究范围	区域	●	◎	○
	通道	●	●	◎
	分区	◎	●	●
路网规模	大型	●	◎	○
	中型	●	●	◎
	小型	●	●	●
研究时段	24小时	●	◎	○
	6小时	●	●	◎
	高峰时段	●	●	●
	高峰小时	●	●	●
需求	大规模	●	◎	○
	中规模	●	●	◎
	小规模	●	●	●
数据质量	一致平衡	●	●	●
	两者间	●	●	◎
	需调整	●	◎	○
数据保真度	小于15分钟	○	●	●
	15分钟-1小时	◎	●	◎
	大于1小时	●	◎	○
分析精度	小于15分钟	○	●	●
	15分钟-1小时	◎	●	◎
	大于1小时	●	◎	○
分析维度	基于车辆/人	○	●	●
	基于路段	●	●	●
	基于路线	○	●	●
	基于网络	●	●	●

●支持；◎部分支持；○不支持

资料来源：文献<sup>[17]</sup>

#### 1.4. DTALite<sup>[18]</sup>

轻量级动态交通分配仿真平台 *DTALite* 包括基础数据管理、快速最短路计算、*OD* 需求反推校正、动态交通分配仿真和仿真结果展示等五大子系统及 14 个功能模块。具有支持超大规模网络动态交通分配；方便快捷的基础数据管理操作模式；支持施工区管理、道路收费研究；支持基于动态费用、时间异构的动态路径选择模型；支持车辆尾气排放分析；支持交

通安全研究；支持特殊条件下的动态仿真等主要功能。

*DTALite* 系统架构有效地实现各组件间的有机联系。其中，动态交通分配和中观交通仿真是核心组件；基于节点-路段网络结构的动态时变最短路算法模块，中观车辆/智能体生成器（将 *OD* 需求与全日出发时间曲线相结合），动态路径分配模块（考虑智能体路径选择和出发时间选择行为特点；可提供多种出行者信息供给策略，如历史信息、出行前信息和/或途中信息、*VMS* 信息板等；亦可提供将经济特征转换为广义旅行时间的道路收费策略），和由交通信息提供、需求管理以及交通场景管理（基于排队的交通流模型允许控制路段实时通行能力，如施工区、交通事故或匝道管控等），是动态交通分配和中观交通仿真的基础，为平台提供数据基础和算法基础；模拟结果和有效性分析则由 *NEXTA* 图形化用户界面展示。

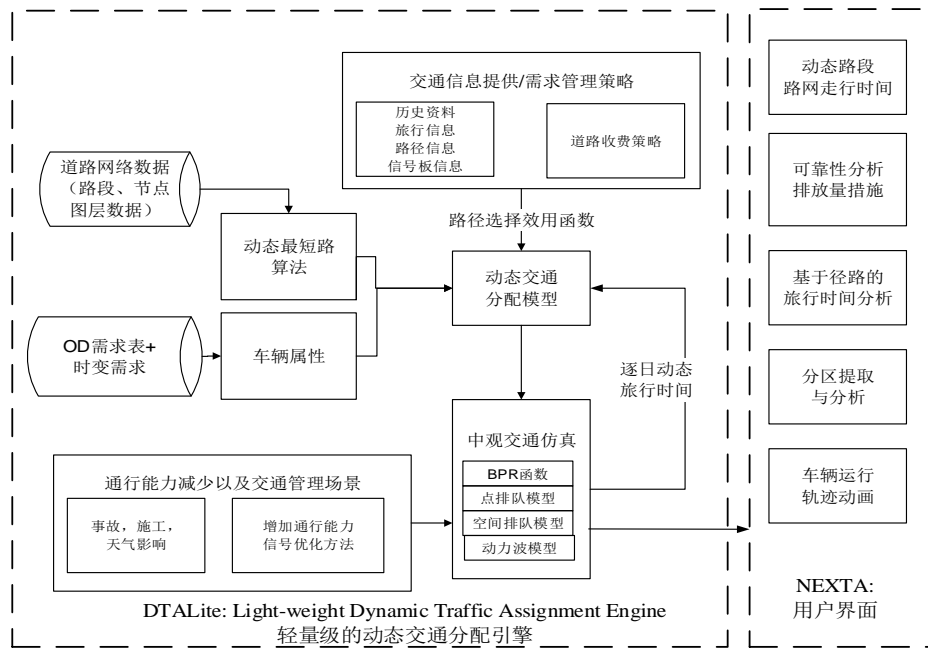


图 2 DTALite 软件系统架构示意图

资料来源：文献<sup>[18]</sup>

北京市在交通规划领域应用轻量级动态交通分配仿真平台 *DTALite* 对区域交通改善、道路网规划设计、大型活动与特殊事件交通保障、恶劣天气应急规划和交通碳排放进行深入探索，大幅增强规划决策支持力度，为城市交通问题治理的定量分析开辟新技术路线。

## 2.1. 区域交通改善

中观动态交通模型在区域交通改善（如新建/扩建道路、路段/节点改善、交通组织优化、需求管理、交通影响评价等）具有典型适用性<sup>[19-23]</sup>，可通过交通分配的宏观指标（如区域出行量特征、通道效率评估、公交服务规模、车道数量和转向车道等）和交通仿真的中微观指标（如路段渐变段设计、交叉口布局设计、灯控信号相位配时、公交车站、公交专用道、地块出入口、车流密度和交通管理等）指导精细化交通设计<sup>[20]</sup>。

在北京旧城某片区的区域交通改善（新建道路并建造道路空间内地下停车场）中，中观

动态交通模型利用宏观静态分析数据，对时变交通特性及区域性拥堵演化过程进行模拟分析，论证新建道路可行性、指出潜在风险与解决措施。由于区域交通改善的实施需要市政设计单位全程协助，中观动态交通模型可为其提供动态需求及时变路径数据进行微观交通仿真，有效保证由规划到设计的一致性和准确性。动态交通分配应用于区域交通改善，见图3。

此外，鉴于北京的交通影响评价工作机制及市场化因素，在重大项目交评中亟需引入可有效评估拥堵回溢现象的中观动态交通模型，同时须由交通管理/城市规划相关部门分别提供现状/规划的供给/需求数据于编制部门，形成模型、方法、数据的统一，保证评价的客观性与可信度。

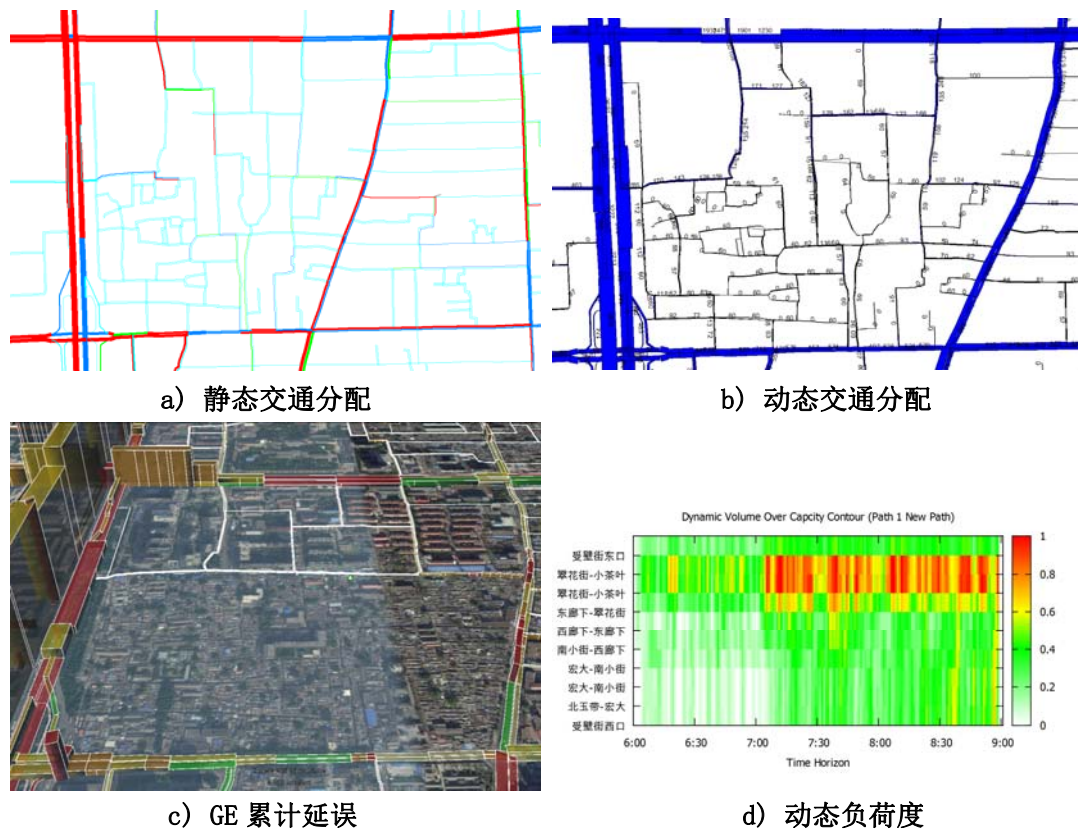


图3 动态交通分配应用于区域交通改善示意图

## 2.2. 道路网规划设计

路网容量是道路网规划与设计的基础，是城市用地规划与交通规划关注的要点。路网容量可分为广义与狭义两种。广义路网容量指的是路网最大通过能力或单位时间内路网最大服务的交通个体数量<sup>[24]</sup>，常使用时空消耗法和静态交通分配进行估算<sup>[25-27]</sup>。狭义路网容量指的是交通工程视角下路网中单位时间内路段断面通过车辆与平均行驶速度乘积的累计，但在城市规划/交通规划实践中，常被误解为各等级道路通行能力或交通分配流量与道路里程、车道数量的乘积<sup>[28-29]</sup>。伴随动态交通网络模型(*Dynamic network model, DNM*)和智能体模型(*Agent-based model, ABM*)的发展与完善，必须重新审视路网容量在交通规划中的计算方法，纠正既有路网规划中的错误结论，由静态转为动态，由数值简化计算转为模拟精确计算，由

断面最大通行能力估算转为时空消耗精算。

在北京某新城道路网规划中，中观动态交通模型利用多场景化需求数据，分析考虑动态交通分配的路段车辆排队累计到达与出发情况，综合计算瞬时最大路网容量。在某指定区域路网容量估算中，中观动态交通模型通过动态迭代反馈过程可对不同 **OD** 需求、不同排队模型、不同参数标定结果下的路网容量与道路拥堵延时指数进行评估。动态交通分配应用于路网容量精算，见图 4。

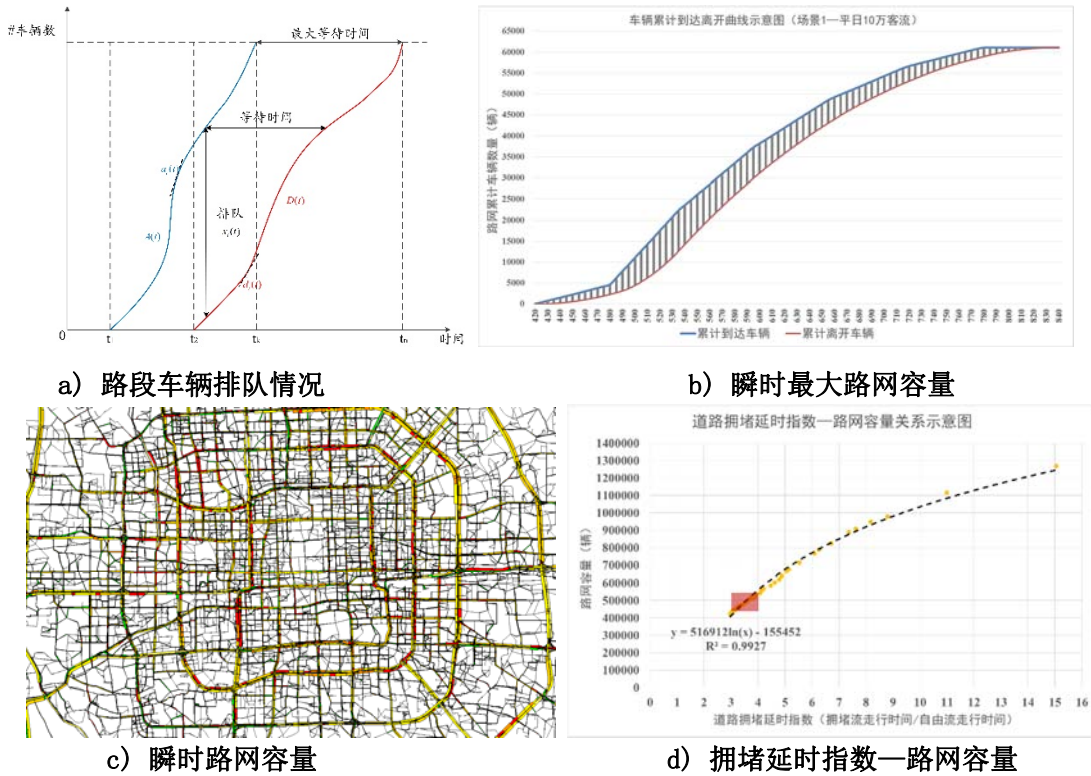
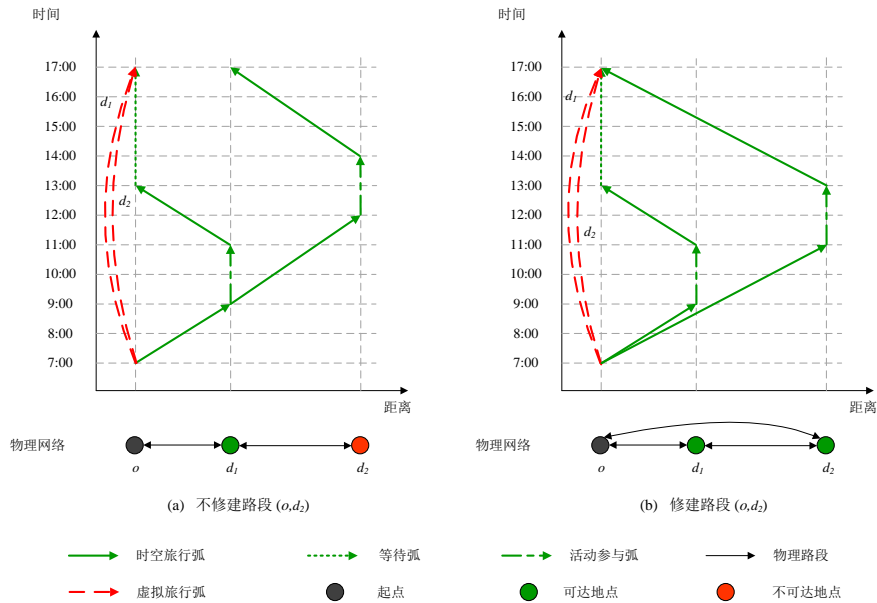


图 4 动态交通分配应用于路网容量精算示意图

此外，基于时空棱镜(*Space-time prism*)的可达性计算方法<sup>[30-32]</sup>的中观动态交通模型还可通过路网规划设计的时空可达性进行评估，并结合道路建设费用推荐交通系统最优情况下的道路建设时序（出行者即使支付较高收费也要选择使用的路段即为优先修建道路）。动态交通分配应用于道路网时空可达性，见图 5。



### a) 时空棱镜可达性计算原理

资料来源：文献<sup>[32]</sup>

iteration	29
CPU Clock: 01:21:34 --	
total_road_traveling_cost_cx_pie_x	30745
dual_resource_price_pie_y	176
LR_relaxed_objective_function_value	30588
UpperBound =	30611
# of Links to be build=	10
relative gap =	0.075
Link 50220 -> 50550: Price = 44.183304 Useage = 397	17541
Link 50057 -> 50067: Price = 10.416669 Useage = 1487	15490
Link 50172 -> 50173: Price = 20.961906 Useage = 436	9139
Link 50061 -> 50172: Price = 24.283325 Useage = 298	7236
Link 50067 -> 50057: Price = 4.639606 Useage = 1344	6236
Link 50173 -> 50172: Price = 6.530551 Useage = 758	4950
Link 50550 -> 50220: Price = 20.797705 Useage = 68	1414
Link 50508 -> 50173: Price = 1.271913 Useage = 1054	1341
Link 50057 -> 50508: Price = 1.095784 Useage = 607	665
Link 50172 -> 50061: Price = 13.683650 Useage = 36	493

### b) 先修道路情况

图 5 动态交通分配应用于道路网时空可达性示意图

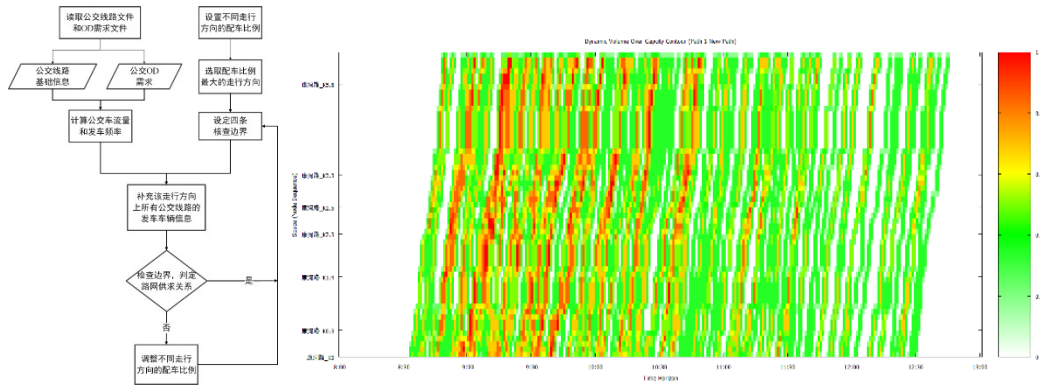
## 2.3. 大型活动与特殊事件交通保障

大型活动与特殊事件的交通规划并不强调交通骨架搭建、基础设施建设、远期用地预留等综合交通规划或运输规划所关注的内容，而是侧重多样化群体的个性化出行规划，在某种程度上更加倾向使用多种交通政策、需求管理与交通组织、智能交通管控，最大程度利用存量设施、最小限度新建永久性设施、巧妙借用临时性设施，尽可能实现用户均衡（出行意愿）与系统最优（出行管理）的时空互补。2008年北京奥运会交通保障规划<sup>[33]</sup>和2019年北京世界园艺博览会交通保障设施规划<sup>[34,35]</sup>均使用中观动态交通模型进行保障规划评估。

在北京世园会交通保障设施规划中，利用中观动态交通模型结合交通设施管控措施可进一步评估优化公共交通系统和停车接驳换乘系统性能。动态交通分配应用于大型活动与特殊



事件交通保障，见图 6。



a) 公交时刻表微编码流程

b) 公交专用道动态负荷度

停车场类型	小汽车交通方式						公共交通方式				停车换乘方式			
	P1	P2	P3	P6	P7	SUM	P4	P5	P8	SUM	P9	P10	P11	SUM
停车位供给	1200	1200	2800	3680	5520	14400	900	750	530	2180	960	960	960	2880
停车位需求	1181	951	2853	3649	5563	14197	482	598	269	1349	992	932	940	2864
停车场利用率	98.4%	79.3%	101.9%	99.2%	100.8%	98.6%	53.6%	79.7%	50.8%	61.9%	103.3%	97.1%	97.9%	99.4%
停车场分时段使用情况														
08:00-08:30	33.9%	14.5%	30.7%	31.5%	15.0%	23.9%	20.1%	21.1%	20.8%	20.7%				
08:30-09:00	32.7%	14.3%	28.4%	21.5%	22.9%	23.9%	18.9%	19.4%	19.0%	19.1%				
09:00-09:30	20.1%	10.7%	11.9%	16.3%	15.7%	15.1%	13.1%	13.0%	13.4%	13.1%				
09:30-10:00	10.2%	19.9%	10.0%	18.1%	16.4%	15.3%	12.0%	11.7%	11.5%	11.8%				
10:00-10:30	2.0%	25.1%	9.5%	11.6%	16.3%	13.1%	11.0%	11.2%	11.9%	11.3%				
10:30-11:00	1.2%	15.5%	9.5%	1.0%	13.7%	8.7%	9.3%	8.5%	8.2%	8.7%	12.8%	12.4%	10.9%	12.0%
11:00-11:30							8.3%	7.9%	8.2%	8.1%	45.0%	41.7%	43.9%	43.5%
11:30-12:00							7.3%	7.2%	7.1%	7.2%	45.5%	43.0%	43.1%	43.9%

c) 各停车场使用情况

图 6 动态交通分配应用于大型活动与特殊事件交通保障示意图

## 2.4. 恶劣天气应急规划

应急规划是交通规划及城市基础设施管理中的重要环节，以往规划层面的应急疏散规划仅能关注应急通道选取及基本应急措施的制定。国际上主要使用中观动态交通模型（结合智能体模型或活动链模型）模拟并评估多种应急场景（恶劣天气、自然灾害、恐怖袭击、未知事件等）的影响程度并据此制定较完善的应急疏散规划和交通保障措施<sup>[36-40]</sup>。

在北京市政道路排水规划中，中观动态交通模型利用时变需求、多样性时间价值、多车型和下洼桥区积水位置与持续时间数据，对恶劣天气下不同积水场景（无积水、现状 50/100 年一遇、近/远期整治后和规划 100 年一遇）的道路交通间接经济损失进行估算，共模拟连续 9 小时 200 余万辆车辆。动态交通分配应用于恶劣天气应急规划，见图 7。



2-中心城总出行 <sup>o</sup>	C50P <sup>o</sup>	C100P <sup>o</sup>	C67P <sup>o</sup>	C33P <sup>o</sup>	P100P <sup>o</sup>	
PCU 总量(万辆) <sup>o</sup>	183.61(69.8%) <sup>o</sup>					
地面公交和巴士比例(%) <sup>o</sup>	10.6 <sup>o</sup>					
PCU 平均时间损耗(分钟) <sup>o</sup>	141.3 <sup>o</sup>	239.6 <sup>o</sup>	142.5 <sup>o</sup>	81.9 <sup>o</sup>	48.5 <sup>o</sup>	
PCU 时间价值损耗(亿元) <sup>o</sup>	7.138 <sup>o</sup>	12.100 <sup>o</sup>	7.201 <sup>o</sup>	4.133 <sup>o</sup>	2.445 <sup>o</sup>	
旅客时间价值损耗(亿元) <sup>o</sup>	高 <sup>o</sup>	44.030 <sup>o</sup>	74.678 <sup>o</sup>	44.456 <sup>o</sup>	25.519 <sup>o</sup>	15.083 <sup>o</sup>
	中 <sup>o</sup>	33.503 <sup>o</sup>	56.823 <sup>o</sup>	33.827 <sup>o</sup>	19.417 <sup>o</sup>	11.477 <sup>o</sup>
	低 <sup>o</sup>	22.976 <sup>o</sup>	38.968 <sup>o</sup>	23.197 <sup>o</sup>	13.315 <sup>o</sup>	7.870 <sup>o</sup>
平均时间价值损耗(元) <sup>o</sup>	388.7 <sup>o</sup>	659.0 <sup>o</sup>	392.2 <sup>o</sup>	225.1 <sup>o</sup>	133.2 <sup>o</sup>	
累计油耗损失(亿元) <sup>o</sup>	4.387 <sup>o</sup>	7.438 <sup>o</sup>	4.424 <sup>o</sup>	2.542 <sup>o</sup>	1.504 <sup>o</sup>	

a) 积水点位置 b) 间接交通损失



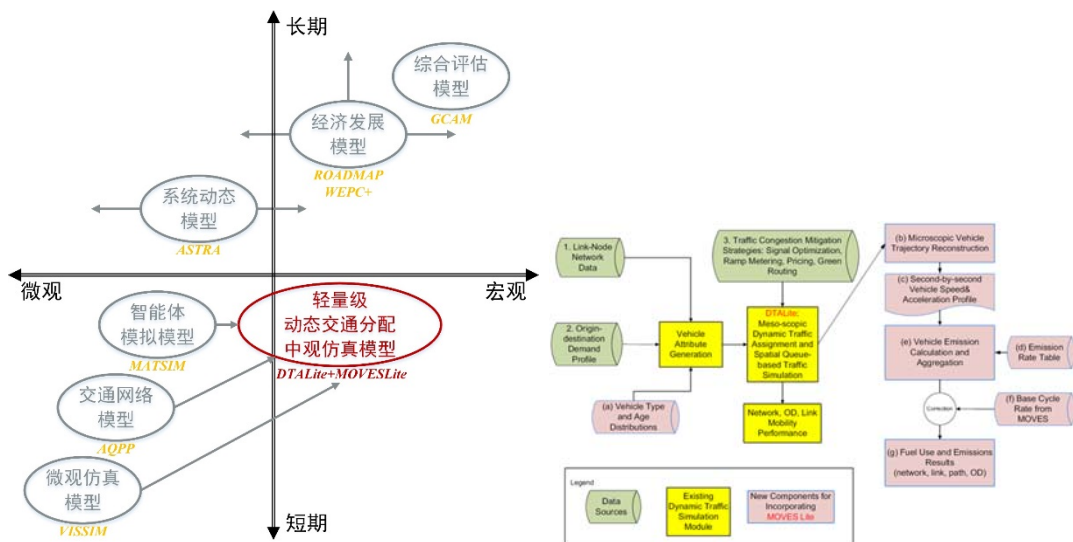
c) 动态场景对比

图 7 动态交通分配应用于恶劣天气应急规划示意图

## 2.5. 交通碳排放

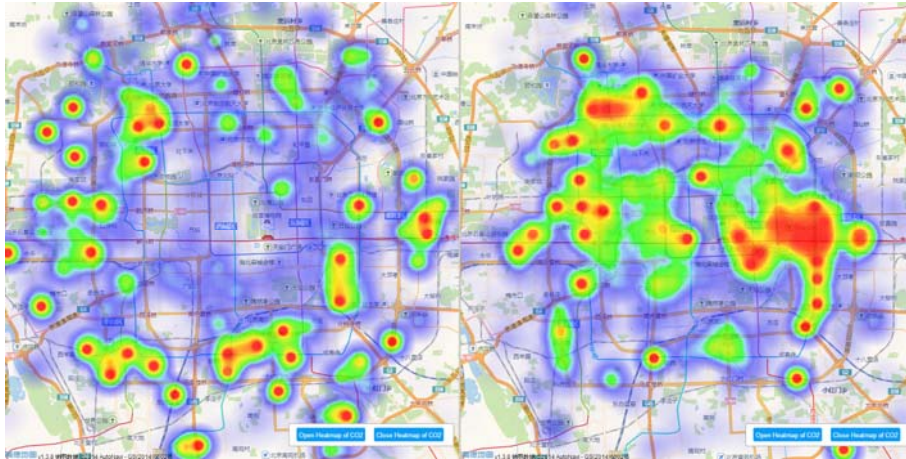
2.6. 交通系统碳排放分析模型可依据时空尺度划分为宏观长期、微观长期和微观短期三类。国内研究常使用宏观长期模型进行碳排放估算，如经济发展模型（GDP 或收入水平）、居民出行模型（出行总量、出行方式、出行距离）、燃料销售模型（《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》）、燃料消耗模型（燃料消耗量、碳排放因子）和行驶距离模型（行驶距离、碳排放因子）。国际研究在宏观长期模型基础上，还使用微观长期模型（系统动态模型 *ASTRA*）和微观短期模型（交通网络模型 *VISSIM* 或智能体模拟模型 *MATSIM*），但适用于大规模网络计算的宏观短期模型直到近期才得到具体应用<sup>[41-43]</sup>。

在北京市低碳城市空间形态研究中，中观动态交通模型利用轻量级机动车排放模拟器 *MOVESLite*<sup>[44]</sup>、时变需求、多车型数据，对道路交通碳排放量进行估算。估算过程为，依据车辆类型和驾龄生成模拟智能体，计算动态用户均衡下时变最短路，利用排队模型确定逐秒车辆轨迹，计算排放量。动态交通分配应用于交通碳排放，见图 8。

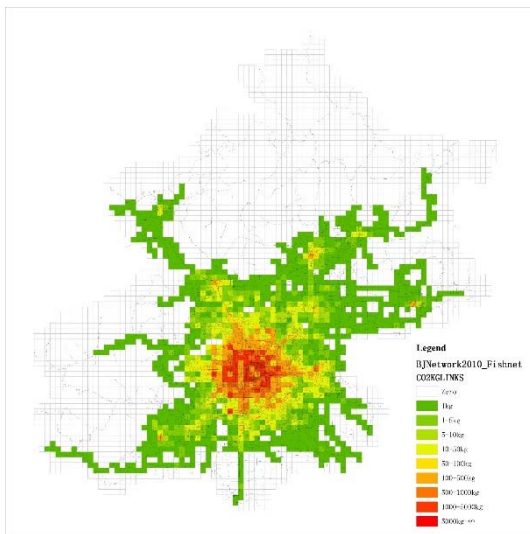


a) 道路碳排放估算模型 b) DTALite+MOVESLite 联合估算

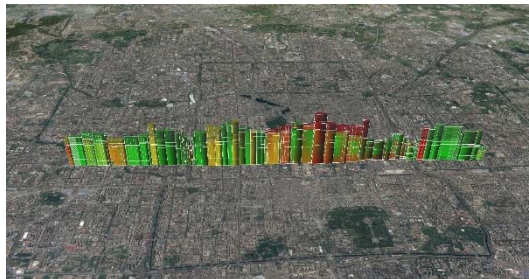
资料来源：文献<sup>[41, 43]</sup>



c) 0-12 时碳排放总量热力分布 (左-产生; 右-吸引)



d) 路段层面碳排放聚合



e) 路线层面碳排放聚合

图 8 动态交通分配应用于交通碳排放示意图

## 2. 机遇与挑战

动态交通分配与中观仿真系统在国内交通规划领域应用尚处于起步阶段,面临着巨大的机遇与挑战。需跨越学术研究与实践应用间的鸿沟,明确“洋为中用”的方法论与流程,促进交通规划与多学科之间理念与方法、理论与时间、数据与软件间的无缝对接,甚至还需培养或培训更加全面的新型交通模型人才。除此之外,动态交通分配与中观仿真系统的几个关键问题,如模型检验与校准、时变 *OD* 反推与预测、控制与最短路同时优化,大规模网络计算效率和模型扩展等方面仍有待解决<sup>[7, 45]</sup>。

在模型检验与校准方面,以北京为例<sup>[46-47]</sup>,需从基础网络构建和算法解法方面关注路径选择中的重复路线,重要路段/节点排队回溢的车道组合,大量超短距离路段的简化,非机动车交通的巨大影响,城市段复杂立交的处理和驾驶行为的诡异性。同时,由于缺乏实际经验支撑,模型检验与校准的过程将有诸多问题有待突破。在时变 *OD* 反推与预测方面,尽管大部分中观仿真系统具备动态 *OD* 反推/更新功能(如 *DTALite* 中的反推模块<sup>[48]</sup>),但只适

用于现状或近期需求的推估,对未来需求的总量规模、空间分布仍需宏观静态模型把控,而详细的时间分布尚未有较合适的确定方法。在控制最短路同时优化方面,由于整个动态交通系统涉及过多的参数设定,目前仅能通过经验直觉、手动反复调校、设定几个参数阈值循环迭代进行优化。在计算效率方面,在已有多线程并行计算的基础上,普通个人电脑无法完成大规模网络的动态计算,需借助社会企业的大型服务器或云数据平台,以当前规划行业对数据的安全保密要求及相关机制是冲突的。模型扩展方面,动态模型需由全日模型(*Within-Day*)过渡到逐日模型(*Day-to-Day*)、长期演化模型(*Long-Term Evolution*),需整合更多的交通系统参与者,如货运、物流、能源、环境、土地利用等,需考虑未来发展趋势无人驾驶车辆、远程办公等。

## 致谢

作者谨对文中所涉及项目的负责同志致以真挚的感谢,正由于你们的信任与鼓励,才能大力推动中观动态交通分配模型在中国城市交通规划领域的实践与应用。

## 【参考文献】

- [1] Friesz T. L.. Special Issue on Dynamic Traffic Assignment, Part I [J]. *Network and Spatial Economics*, 2001, 1(1): 231.
- [2] Chiu Y.C., Bottom J., Mahut M., Paz A., Balakrishna R., Waller T., Hicks J.. *Dynam3ic Traffic Assignment: A Primer* [R]. Transportation Research Circular E-C153, Transportation Research Board, Washington D.C., 2011.
- [3] Friesz T. L., Ukkusuri S.. Special Issue on Dynamic Traffic Assignment, Parts 1 and 2. *Dynamic Traffic Assignment: Theory, Computation and Emerging Paradigms* [J]. *Network and Spatial Economics*, 2015, 15(3-4): 413-415.
- [4] Sloboden J., Lewis J., Vassili A., Chiu Y. C., Nava E.. *Traffic Analysis Toolbox Volume XIV: Guidebook on the Utilization of Dynamic Traffic Assignment in Modeling* [R]. Federal Highway Administration, FHWA-HOP-13-015, U.S. Department of Transportation, Washington D.C., 2012.
- [5] P.B., SFCTA. *San Francisco Dynamic Traffic Assignment Project "DTA Anyway": Analysis of Applications Report* [R]. Parsons Brinckerhoff, San Francisco County Transportation Authority, 2012.
- [6] Hadi M., Ozen H., Shabani S., Xiao Y., Zhao W., Ducca F. W., Fennessy J.. *Use of Dynamic Traffic Assignment in FSUTMS in Support Transportation Planning in Florida* [R]. Office of Research and Development State of Florida Department of Transportation, Florida International University, 2012.
- [7] 陆化普, 史其信, 殷亚峰. 动态交通分配理论的回顾与展望 [J]. *公路交通科技*, 1996, 13(2): 34-43.
- [8] Sezto W. Y., Lo H. K.. 动态交通分配:回顾与前瞻 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2005, 5(5): 85-120.
- [9] 高自友, 任华玲 著. *城市动态交通流分配模型与算法* [M]. 人民交通出版社, 北京, 2005.
- [10] Sezto W. Y., Wong S. C.. *Dynamic Traffic Assignment: Model Classifications and Recent Advances in Travel Choice Principles* [J]. *Central European Journal of Engineering*, 2012, 2(1): 1-18.
- [11] 李曙光 著. *多车型动态交通分配问题研究* [M]. 科学出版社, 北京, 2013.
- [12] 焦朋朋 著. *城市动态交通网络分析方法* [M]. 人民交通出版社股份有限公司, 北京, 2015.

- [13] 综凯. 北京交通调查和模型工作新技术探讨 [EB/OL]. 大数据时代交通调查与交通模型学术研讨会, 访问时间 2016-01-01, [http://www.chinautc.com/templates/H\\_dongtai/article.aspx?nodeid=4112&page=ContentPage&contentid=83026](http://www.chinautc.com/templates/H_dongtai/article.aspx?nodeid=4112&page=ContentPage&contentid=83026), 重庆, 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.
- [15] 邱建栋, 陈蔚, 宋家骅, 段仲渊, 赵在先. 大数据环境下的城市交通综合评估技术 [J]. 城市交通, 2015, 13(3): 63-70.
- [16] 杨齐. 对交通仿真模型软件开发及应用问题的思考 [J]. 城市交通, 2006, 4(3): 77-81.
- [17] Sbayti H., Roden D.. Best Practices in the Use of Micro Simulation Model [R]. American Association of State Highway and Transportation Officials, ASSHTO, Standing Committee on Planning, AECOM, 2010.
- [18] Zhou X. S., Taylor J.. DTALite: A Queue-Based Mesoscopic Traffic Simulator for Fast Model Evaluation and Calibration [J]. Cogent Engineering, 2014, 1(1): 961345.
- [19] 赵再先, 邱建栋. 交通影响评价之“困境”与技术工作改进 [C]. 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, 北京, 2014.
- [20] 邱建栋, 赵再先, 宋家骅. 面向精细化交通设计的中观交通模型研究与实践 [C]. 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, 北京, 2014.
- [21] 傅淳, 吴稼豪, 宋兵, 陆虎, 朱墨, 罗典. 建立佛山市核心区大型中观动态模型的方法及应用 [C]. 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, 北京, 2014.
- [22] 刘新杰, 李智, 彭珂珂. 用于交通影响评价的中观交通模型建立—以深圳为例 [C]. 2014 年城市发展与规划大会, 北京, 2014.
- [23] 刘新杰. 深圳市分区中观交通模型及其在城市规划决策中的应用 [C]. 协同发展与实践—2015 年中国城市交通规划年会暨第 28 次学术研讨会, 杭州, 2015.
- [24] 陈春妹. 路网容量研究 [D]. 北京工业大学, 博士学位论文, 2002.
- [25] 杨涛, 程万里. 城市交通网络广义容量应用研究—以南京市为例 [J]. 东南大学学报, 1992, 22(5): 84-90.
- [26] 白玉, 薛昆, 杨晓光. 基于路网容量的停车需求预测方法 [J]. 交通运输工程学报, 2004, 4(4): 49-52.
- [27] 常华. 关于广州市道路容量研究的探讨 [J]. 公路交通科技, 2005, 22(9): 134-137.
- [28] 陈乃至, 胡佳. 路网容量法在城市用地与交通规划宏观分析中的应用 [J]. 规划师, 2007, 23(10): 32-34.
- [29] 夏森磊, 谢军, 柳文新. 温州主城区城市路网容量需求分析与规划建议 [J]. 规划师, 2014, 30(S3): 295-297.
- [30] Miller H. J.. Modelling Accessibility Using Space-Time Prism Concepts within Geographical Information Systems [J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1991, 5(3): 287-301.
- [31] 赵莹, 柴彦威, 陈浩, 马修军. 时空行为数据的 GIS 分析方法 [J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(5): 1-5.
- [32] Tong L., Zhou X. S., Miller H. J.. Transportation Network Design for Maximizing Space-Time Accessibility [J]. Transportation Research Part B: Methodology, 2015, 81: 555-576.
- [33] 滕怀龙, 于雷, 赵慧, 姜乙甲. 中观交通仿真模型 INTEGRATION 及其案例应用 [J]. 交通标准化, 2008: 148-152.
- [34] 魏贺, 刘斌, 刘韵, 戴冀峰. 2019 年北京世界园艺博览会客流预测与需求分析 [C]. 协同发展与实践—2015 年中国城市交通规划年会暨第 28 次学术研讨会, 杭州, 2015.
- [35] Ruan J. M., Liu B., Qu Y. C., Zhu N. N., Zhou X. S.. How Many and Where to Locate Parking Lots? A Space-Time Accessibility-Maximization Modeling Framework for Special Event Traffic Management [C].

Proceeding of 94st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C., 2016.

[36] Yazici M.A., Ozbay K.. Evacuation Modelling in the United States: Does the Demand Model Choice Matter [J]. Transport Reviews, 2008, 28(6): 757-779.

[37] Mahmassani H.S., Dong J.. Incorporating Weather Impacts in Traffic Estimation and Prediction Systems [R]. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, FHWA-JPO-09-065, EDL#14497, 2009.

[38] Koetse M.J., Rietveld P. The Impact of Climate Change and Weather on Transport: An Overview of Empirical Findings [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2009, 14(2): 205-221.

[39] Pel A.J., Bliemer M.C.J., Hoogendoorn S.P. A Review on Travel Behaviour Modelling in Dynamic Traffic Simulation Models for Evacuations [J]. Transportation, 2012, 39(1): 97-123.

[40] Murray-Tuite P., Wolshon B.. Evacuation Transportation Modeling: An Overview of Research, Development, and Practice [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2013, 27: 25-45.

[41] Linton C., Grant-Muller S., Gale W. F.. Approaches and Techniques for Modelling CO2 Emissions from Road Transport [J]. Transport Reviews, 2015, 35(4): 533-553.

[42] Citilabs. Air Quality Analysis With CUBE's AQPP User Interface Tool [C]. Citilabs Futura, 2012, U.S.A, 2012.

[43] Zhou X. S., Tanvir S., Lei H., Taylor J., Liu B., Roupail N. M., Frey H. C.. Integrating a Simplified Emission Estimation Model and Mesoscopic Dynamic Traffic Simulator to Efficiently Evaluate Emissions Impacts on Traffic Management Strategies [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2015, 37: 123-136.

[44] Frey H. C., Liu B.. Development and Evaluating of a Simplified Version of MOVES for Coupling with a Traffic Simulation Model [C]. Proceeding of 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C., 2013.

[45] Peeta S., Ziliaskopoulos A. K.. Foundations of Dynamic Traffic Assignment: The Past, the Present and the Future [J]. Network and Spatial Economics, 2001, 1(1): 233-265.

[46] Ben-Akiva M. E., Gao S., Wei Z., Wen Y.. A Dynamic Traffic Assignment Model for Highly Congested Urban Networks [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2012, 24: 62-82.

[47] Ben-Akiva M. E., Gao S., Lu L., Wen Y.. Combining Disaggregate Route Choice Estimation with Aggregate Calibration of a Dynamic Traffic Assignment Model [J]. Network and Spatial Economics, 2015, 15(3): 559-581.

[48] Lu C. C., Zhou X. S., Zhang K. L.. Dynamic Origin-Destination Demand Flow Estimation under Congested Traffic Conditions [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 34(1): 16-37.

## 【作者简介】

魏贺，男，硕士，北京市城市规划设计研究院，工程师。电子信箱：clanbaby@163.com

刘斌，男，本科，北京市城市规划设计研究院，高级工程师，所长

周学松，男，博士，亚利桑那州立大学，副教授