

北美国家的交通减排策略及 交通排污评价模型浅析

Transportation Improvement and Emission Reduction Strategies and Modeling Evaluation Approaches in North America

吴稼豪 宋兵

【摘要】 人类对地球气候变化所带来的灾难已经有了深刻的认识。我们城市交通的现代化发展是与大气环境变化的诸多因素相互制约的。经研究显示, TRB (美国交通研究会) 和 ITE (美国交通工程师协会) 等国际重要的交通学术研究机构已有许多重要的成果与相应的研究开发项目。美国加州 SB 375 法案要求建立定量模型系统来确定排污目标与城市发展, 这个排污目标由土地利用发展精明增长法、交通系统的有效性和车辆排污控制系统综合评价确定。依据上述规则, 加州形成了一套模型框架并已经在实践中得到应用。本模型框架将土地利用模型、需求预测模型和排污模型融合于一体。本文参考美国区域经济 3E (交通有效性、出行公平性和环境保护性) 指标系统并描述了模型构建过程, 给出了在路段和交叉口层面交通污染应用结果。研究表明存在着定义在排污 U 曲线上的最优出行速度和最优 HCM (公路通行能力手册) 服务水平。本文提出了在城市和交通快速发展的情况下得到交通排污最小值的计算方法的实例。

【关键词】 城市与交通规划 土地使用模型 交通需求模型 尾气模型 3E 评价体系

Abstract: In this paper, we will first review the importance of transportation related emissions and the regulations established in North America. Based on a technical review of this

subject, many research efforts are given in this field as part of research programs by TRB (Transportation Research Board) and ITE (Institute of Transportation Engineers). In California, the SB 375 (Senator Bill 375) requires the use of the land use and transportation modeling to meet the state emission target. This emission target depends on the smart growth strategies in land use development, efficiency of transportation system, and vehicle emission control. A 3E criteria system will be presented as well based on the San Francisco area regional transportation plan. Based on this observation, we will present a modeling framework that is already put into practice. The framework links together a land use model, a demand forecasting model, and an emission model. We will report some selected results of this modeling process. Emissions will be presented at both link and intersection levels. One interesting observation is that there are optimal travel speeds and optimal HCM based LOSs, called U - Curves for emissions. The objective is to minimize the transportation related emission, given the rapid urban and transportation developments. It is clear that this modeling system may need to be refined in different regions in China as well.

Keywords: urban planning, land use model, demand forecasting model, emission model, 3E criteria

1 研究背景

我国是《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》的缔约方, 我国政府已郑重向全世界宣布: 到 2020 年, 单位国内生产总值 (GDP) 二氧化碳排放量比 2005 年下降 40% ~45%。在提出上述目标的同时, 还提出要把

作者: 吴稼豪, 博士, 美国 W & S Solutions 总裁, 吴宋美加设计咨询 (上海) 有限公司总裁, 兼任任美国加州大旧金山地区交通工程师协会 (ITE) 秘书长、美国交通工程师协会 (ITE) 交通大气排放委员会委员
宋兵, 美国注册工程师, 美国 W & S Solutions 副总裁, 吴宋美加设计咨询 (上海) 有限公司副总裁

绿色发展作为我国在可持续发展框架下应对气候变化的重要手段。因此,了解与研究碳排与温室气体排放的有关立法和交通减排策略与计算方法,是落实控制目标要求的一项重要重要的技术基础工作。北美交通方面(大部分来自于小汽车、卡车、公交车、火车和轮渡)排放的温室气体占到了35%,而旧金山湾区则高达40%以上。所以,交通的尾气排放与城市空间结构、交通状况的关系研究十分重要。

自2007年联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)因全球大气的研究成果而赢得了诺贝尔奖,各国对这个问题的关注度也越来越广泛。^[1]许多科学家已经得出结论,人类活动导致的温室气体排放(GHG)正使全球变暖,这对自然资源、能源使用、生态系统、经济行为和我们的生活质量有着深远而紧迫的影响。

事实上,城市交通系统发展受到一些与气候研究相关因素的限制。例如:大气温度变化2℃,将导致危及全球的变化,4℃的变化将导致极端气候及生态系统的灭亡;温室气体的产生重量是有限的,基本上每人平均1吨温室气体;车辆排放与最佳车速及服务水平有关。

全世界在制定多方面的政策时都考虑到了气候变化的重要性。美国国会制定的综合性法律将影响社会上包括交通在内很多方面的能源利用与排放。35个州都认识到了温室气体(GHG)排放的问题,采取了相应的减排联合行动。一旦认识到减少交通温室气体排放的要求,就可以清楚地看到对交通温室气体排放的考虑与城市其他部门是分不开的。交通温室气体排放量的增减与城市管理部门、企业及个人每天重复的大大小小的决策有关。这些决策的范围包括车辆类型的选择到城市分区或细分后的道路设计与管理。如何协调降低由交通引起的温室气体排放与人们日常活动和职责将是一个复杂而有挑战的工作。亚洲开发银行2010年也对如何减少交通引起的碳排放量作了分析与建议。

我们对美国的交通系统历史的发展应作进一步深刻的反思。20世纪发起的以小汽车发展为导向的城市模式,使得大量的居民涌向郊区,寻求更好而宽敞的居住方式。那个世纪在交通和能源设施上的投资,维持了环境建设的较低密度稳定发展,但导致了一个交通高排放的区域城镇系统。

政府决策者早已认识到了土地利用与交通之间的重要关系,并出台了相关的法律文件来保证土地利用与交通规划之间的协调性。1990年美国的《清洁空气法修正案》(Clean Air Act Amendments, CAAA)、国家联邦政府出台的《国家环境政策法案》(National Environmental Policy Act, NEPA)以及1991年《综合运输有效法案》(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act, ISTEA)的确立,加速了对交通与土地利用相互关系的研究进程,

其中CAAA与NEPA要求空气质量预测必须综合考虑交通与土地利用的相互关系,同时要求制订交通拥堵和环境污染的区域土地利用政策,以减轻交通对环境所造成的负面影响,ISTEA则要求在远期交通规划中考虑其对土地利用的量化影响。1998年,美国颁布了《面向21世纪的交通运输平等法案》(Transportation Equity Act for the 21st Century, TEA-21),进一步要求交通规划中需要考虑交通政策对土地利用和经济发展的影响。Woods Hole对如何协调州政府与地方政府政策以应对交通与气候变化提出了具体方案与建议^[2],而Daniel K. Hardy and Michael Sanderson则对交通工程师如何应对气候变化与能源问题提出了具体的建议。^[3]

除了联邦的有关法案,也有不少州建立了相应的法规,许多城市也相应行动,改善目前的交通状况。2006年签订的加利福尼亚众议院的全球变暖解决法案(Assembly Bill 32)中提出到2020年要把温室气体排放量降到1990年的水平。这就意味着要减少2020年日常排放的30%,现在排放水平日常排放量的15%。法律要求加利福尼亚州的大都市规划组织开发出整合交通—土地使用和住房规划相结合的可持续社会策略(SCS),目的是减少小汽车和轻型卡车的温室气体排放。受加利福尼亚参议院SB375法案的制约,旧金山大都市交通委员会(MTC)和旧金山湾区政府协会(ABAG)已经开始制定旧金山湾区可持续社会策略/区域交通规划(SCS/RTP)。美国大都市交通委员会和旧金山湾区政府协会将与旧金山湾区空气质量管理部以及旧金山湾区保护发展委员会一起协调开发策略,和各地市政府、郡交通拥挤管理组织、公共交通组织、感兴趣的居民、股东以及社区组织一起研究与改进SCS。他们强烈地认识到气候变化会引起海平面上升和极端气候灾害,严重影响旧金山湾区公众健康、空气质量和交通设施的安全。在旧金山湾区,温室气体排放最大的来源是交通方面的矿物燃料消耗。事实上,交通方面(大部分来自于小汽车、卡车、公交车、火车和轮渡)排放的温室气体占到了湾区的40%以上。气候变化带来的温度上升将会导致更多的雾天、呼吸困难以及心脏病,而且将会破坏过去几十年里改进旧金山湾区空气质量的成果。

旧金山4个湾区组织(MTC、ABAG、BAAQMD、BCDC)已经积极着手联合起来,以应付气候变化对旧金山湾区带来的负面影响。区域组织的主要目的是“设计一个全加州、全国、乃至全世界共享通用计算的模型体系”,实现:

①预防:通过采用所有可行的、成本效益好的战略来实现到2020年将温室气体排放水平降到1990年排放水平

的目标；

②适应：各地区通过规划成本效益好的适应性策略来应对气候变化的影响；

③学习：衡量和评估计算的结果来不断地改进；

④交流：编制并出版相应的研究与应用成果，为人类的研究提供参考。

2 改善城市交通降低排放策略

与交通相关的排放尾气污染如二氧化碳等与城市的许多因素有关，如温度、车辆类型、车辆年龄质量、冷/热启动状态、运行速度、交叉口设计、车流量分布等。降低交通尾气污染物排放策略方法可归纳为车辆技术、城市规划、交通战略、交通规划与政策和交通改善计划等方面。

旧金山湾区政府联合会（ABAG）与旧金山湾区交通委员（MTC）计划实行一系列的措施来改进旧金山海湾地区可持续社会策略/区域交通规划（SCS/RTP）。到2010年底，ABAG和MTC要实现具体的、量化的绩效目标，来帮助构架旧金山海湾地区可持续社会策略/区域交通规划（SCS/RTP）的发展。该目标包括强化区域交通有效性（Economy）、促进出行公平性（Equity）和优化环境保护性（Environment），即著名的“3E指标体系”。由此可见，旧金山湾区可持续社会策略/区域交通规划（SCS/RTP）将ABAG 2009交通项目和2035交通规划的绩效指标和目标合并，依据州参议员SB375法案，减少人均温室气体排放和颗粒物排放、人均车公里数、人均延误、摩托车、自行车和行人的死亡率，提高公交与地方道路和国道的运行能力；增加非机动车到达工作和服务点的通道；降低低收入家庭在住房和交通上的花费；减缓对未来开发地区的开发速度。绩效评估的结果将为政府交通排放策略的决策提供良好的支持依据。它们可以：

①评估实现加州空气资源委员会设定的温室气体排放目标，以及开发一个“替代规划”的方案；

②强化土地使用与交通规划互动的理念和策略；

③为当地政府和ABAG开发区域住房需求分配提供信息；

④在财政约束下的区域交通规划（RTP）中，明确MTC的交通项目的选择方向。

另外一些行之有效的交通减排策略与近几年以及今后一段时期的具体有关项目也值得一提：

①推动新能源车尤其是电动车辆（EV）在旧金山大都市进行试点工作。电池的革命和环境的改善，将进一步摆脱对石油的依赖，是本次汽车革命的动力，大大地减

少车辆排污量。Better Place是一家成立于2007年总部设在加利福尼亚Palo Altos市的私营公司。在美国运输部及大城市的运输委员会支持下，它承诺实现使用可换电池的电动出租车计划，联合旧金山与圣荷西的城市在湾区形成一个“美国的电动汽车首都”地位的梦想。

②强化合理的城市空间规划。良好的规划能够在城市空间上分配好土地的布局，以适应城市政治、经济、社会发展的需要，将城市从单一中心的形态，向多中心就业与居住相互平衡的建设思维发展，以减少不必要的车公里数，实现低碳的目的。MTC和其他县正在制定土地使用与交通发展的发展战略，使规定排放指标可以达到。在这种情况下，重新分配的土地使用布局更重要。为此目的，建立土地使用的模型系统的工作也在完善之中。ICF Consulting Fairfax完成了一本使用说明书，为如何将土地使用的分配与交通项目结合起来提供了一套框架性的方法。^[4]

③建立合理的交通规划管理政策，它包括实现交通拥挤与高容量车道收费（HOT），鼓励交通多模式（Multi-modal）的出行方式，充分利用城市空间与分时效应，鼓励公交导向模式（TOD）的城市开发模式发展，在中小城市大力推动非机动车（慢行）交通系统的改进、设计与建立。交通改善计划包括智能交通走廊与通道、高速公路立交的改进、高速公路拓宽与公交线网优化。例如，旧金山湾区MTC大胆地在其25年的区域规划中，添加了800英里HOT（高容量车道收费）系统。

④提升地区性的交叉口渠化方案/信号灯优化。MTC开发了一个有效信号控制计划，以改善区域信号操作系统，减少交通延误和提高交通运行效率。另外，已确定了几个智能化交通走廊，包括韦伯斯特街、新马泰县智能通道、州通道—880的综合走廊，进行交通管理、工程设计与智能技术的改进工作。

⑤发展智能交通系统（ITS）战略，它包括实时交通信息储存、处理、分析与公示（如著名的加州公路评价系统PeMS）、无线传感技术实时收集交通数据、高速公路的进出匝道流量自动控制系统中的可变信息标志牌。该系统已展示了其重要性与先进性，避免高速公路内的交通拥堵现象，减少尾气的排放量。

⑥鼓励TOD发展新的激励方案和建模过程的基础工作。根据其交通规划2035年计划，只有3%的预算用于道路扩建，行人、自行车及其他为2%，而公交的建设高达为14%，余为维护费用。为实现海湾地区的世界级运输系统，TransForm（一个非营利组织）建立了一个为开发商提供一些在能实现减排优先领域的证书。这些领域包括SB 375的实现（海湾的可持续社区战略区域运输计划）、

保护新基金注入公交系统、HOT 交通车道收费、可持续公交发展、BRT (快速公交系统)、建立学校公交系统以减少家庭汽车的使用、改善自行车和行人系统,以鼓励多模式式联运的交通发展。

3 建立评价指标

量化与交通相关的温室气体排放的方法论有很多,包括简单的电子表格到复杂的建模程序。城市规划与交通规划和交通工程人员,也已逐渐认识到了交通温室气体排放和能源消耗的量化计算的重要性,以计算各种评价指标。目前,提出了新的“3E”(Economy、Environment、Equity)的评价指标,从交通有效性、出行公平性和环境保护性三个角度来评价交通规划的效果并实现“3C(Continuing、Cooperative、Comprehensive)”规划过程:

①第一个 E 显示高效安全,建立交通联系便捷、内部道路功能明确、级配合理、城市交叉口顺畅的道路网络,通过改善城市道路线性、等级、断面形式以及不合理交叉口,从道路网络上杜绝不安全因素。

②第二个 E 表示公平性,确保区域社区平衡、经济与

交通可达性平衡与交通不同模式的协调性。

③第三个 E 为环境指标,用于提倡低碳节能,减少车程。

④第一个 C 表示规划连续性,以适应城市与交通的不断变化与发展。

⑤第二个 C 表示综合规划过程,考虑各种交通模式的运输与枢纽联动,快速与慢行交通系统的综合。

⑥第三个 C 表示规划各部的互通与协调,平衡各团体利益与社会的发展目标。

2009 年出版的加州旧金山 2035 交通规划 (Transportation 2035 Plan) 计划中的报告使用的指标如表 1 所示。事实上,在指定规划工作中,有更多的计算指标供讨论与改进。表 1 是其中精心挑选且易懂的指标。具体的应用结果参见图 4。因为在规划中应用 3E 与 3C,交通模型的计算尤其显的重要,定性与定量相结合,从事计算的主要是交通规划与工程咨询公司来完成的,没有与开发商与政府有利益冲突,一般比较公正可靠。当然,整个规划与建设可能因此而受到时间上的制约和社会的阻止。美国的高铁建设迟迟没有上马就是一例,我们有必要认真研究其利弊,总结经验与教训。

加州旧金山 2035 交通规划 3E 评价指标

表 1

政策框架		
3E 名称	类别	评价指标
经济 (E)	维护和安全	改进日常维护 市内一般道路: 75% 以上的路面状况系数得到改进 州高速公路: 有问题的高速车道公路里程数不超过整个路网的 10% 公共交通: 平均设备使用时间不超过使用年限的 50% 来源: 州和地方政府规划
		减少交通事故伤亡 其中摩托车比现在减少 15%; 自行车或行人比 2000 年减少 25% 来源: 州政府高速公路安全计划
	可靠度	减少延误情况
	货运	人均比现在减少 20% (防止反复) 来源: 州长工作计划
环境 (E)	清洁空气	减少车公里数和污染物排放量
	保护环境	车公里数: 人均比现在减少 10% 固体颗粒物: 比现在减少 10% ~45% 二氧化碳: 下降到比 1990 年水平低 40% 来源: 相关法律法规
公平 (E)	可达性	提升住房的购买能力
	居民区	比现在减少 10% 的居住和交通成本 (对于低收入家庭)

(资料来源: MTC)

4 概念性模型计算框架

城市空间形态、土地使用规模、交通系统、城市交通尾气污染是有必然关系的，参见图 1 与国际交通委员会 (TRB Special Report 245, 1995) 的研究报告。它是城市与交通规划应当关注考虑的重要组成部分。在城市空间形态、土地使用规模部分，包括城市发展空间形态与土地利用与城市设计；交通系统包括交通供应、需求与流量；城市交通排污直接受到交通速度大小、车辆种类不同和温度变化的影响。这些因素交织在一起，十分复杂。在实践中，每一阶段可以用先进的有关计算模型与软件系统配合使用，获得 3E 评价指标，供方案评价分析之用。

Grant 等研究人员对交通项目的温室效应估算方法做了评价。^[5] 通过文献整理与综合，我们给出一个概念性交通尾气污染排放模型计算框架。如图 2 所示，土地使用模型、交通模型、排放模型之间具有相互关联的互动关系。首先，土地使用模型是最基础的模型，在现有社会经济数据的基础上，使用土地使用模型可以得到基于规

划规则与理念的土地形态与分配方案。然后将土地分配方案的结果输入到交通模型中，得到相应的交通出行量、起讫需求分布、方式划分和各种交通流量与速度。据此，就可以使用车辆排放模型，得到交通排放量。根据有关规划与法定目标，交通排放量的结果可以用来对土地与交通系统进行调整。这种对城市土地与交通规划的反馈，能够为城市建设与交通策略的优化提供合理的依据。通过对交通模型与尾气排放模型结果进行分析，发现土地布局问题，又可以反馈到土地使用模型中，进一步优化土地分配方案。

这里我们介绍一个称为 Uplan 的土地使用模型^[6]，它较为简单，基于 ArcGIS 系统开发而成，可以应用于县、都市区、子城市等。在明确城市土地分类面积和城市发展政策因子的基础上，计算土地开发密度，输出如各种土地等级面积的数据。其结果可以应用到交通模型中，得出交通出行量。模型力图设计成为一个低成本的、易于使用的工具。UPlan 把城市增长分散成七种土地利用类型：四种居住密度（高密度、中等密度、较低密度、低密度），工业密度和两种商业发展密度（高密度商业、低密度商业）。

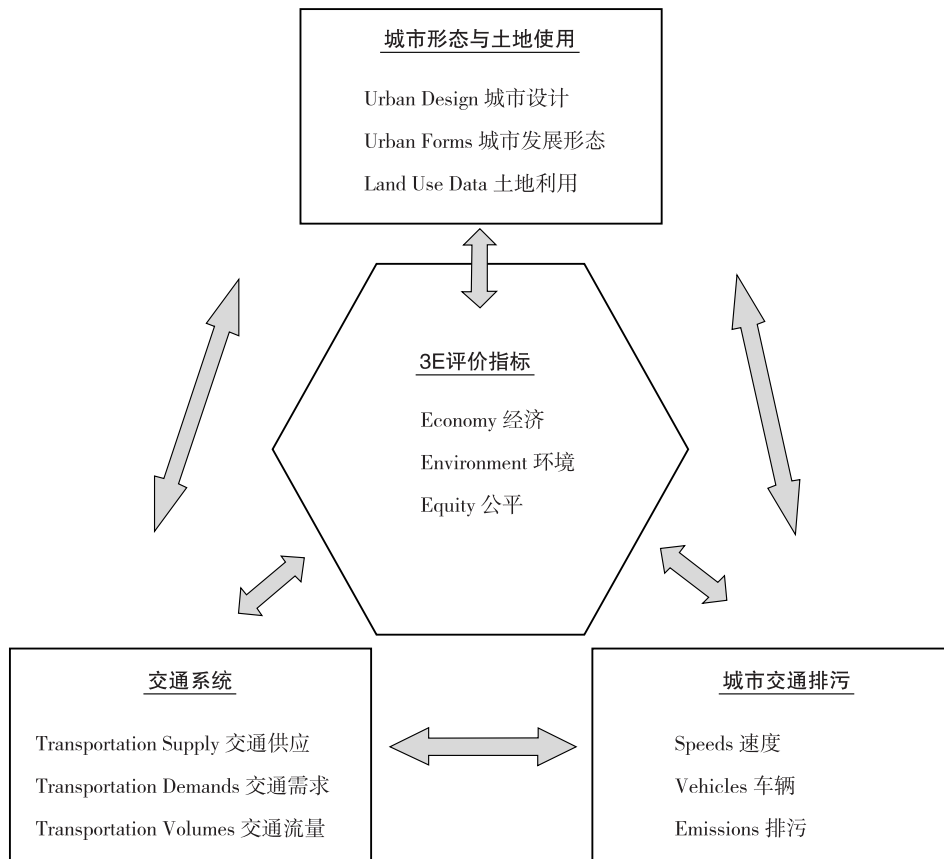


图 1 土地使用、交通系统、交通排污关系图

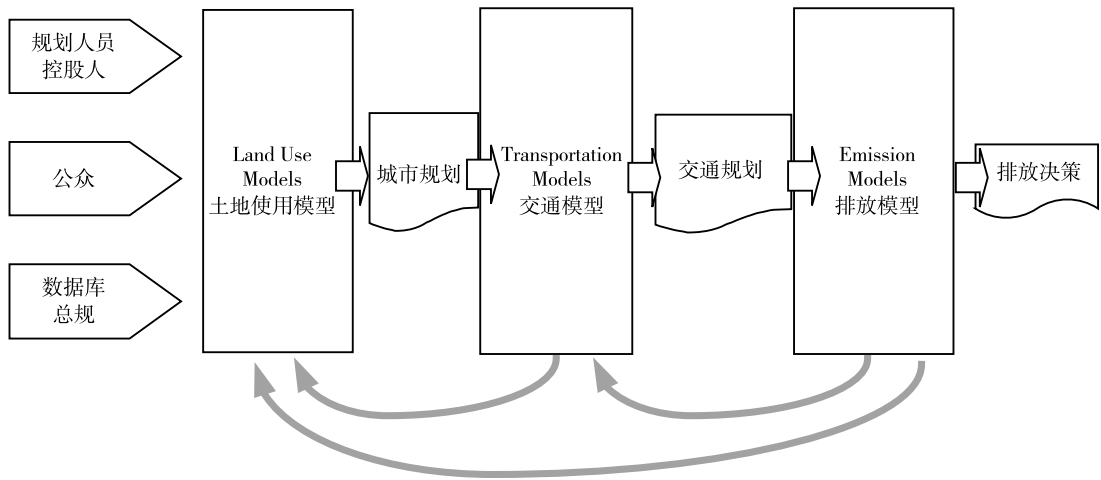


图2 土地使用模型、交通模型、排污模型框架图

UPlan 使用时基于以下假设：可将转化因子应用到就业和居住上，把人口增长转化为土地使用需求；新的城市发展要符合城市和县的总体规划；由于交通和设施的可达性，不同部分可有不同的吸引权重；有些地方，比如湖泊和河流，将不会被开发，其他地方比如生态敏感地和洪泛区，也将对其限制开发。Uplan 模型已在加州得到一定的应用。

其他的土地模型简介如下。美国住房和城市发展部的 Alonso 和 Lowry 开发了城市模型，Putman 等人研究开发出的非集聚的居住区分布模型（Disaggregate Residential Allocation Model, DRAM）和就业分布模型（Employment Allocation Model, EMPAL）是在美国应用比较广泛的两个模型。而从 20 世纪 70 ~ 80 年代 Putman 等人也在不断地对这两个模型进行改进，后来还开发出了可以将 DRAM 和 EMPAL 两个模型和传统的四步骤交通规划模型组件结合到一起的交通—土地利用软件包（Integrated Transportation-Land Use Package）。Anans 等人也开发出了包含 7 个子模块的土地利用—交通的模型 METRO-SIM，该模型包含的模块有：区域的基本产业分析模块、非基本产业分析模块、住宅和房地产业分析模块、空间分析模块、住户分析模块、通勤交通和非通勤交通及其分配模块。库拉索岛和委内瑞拉的拉—维多利亚使用了与 MEPLAN 类似但独立的 TRANUS 建模系统，同时 Rickay 也应用 TRANUS 完成了许多能量和城市结构关系的理想化仿真。1995 年，加利福尼亚大学戴维斯分校的 Johnston 正在萨克拉曼多试验了 TRANUS 模型，在那里它将 TRANUS 与加利福尼亚的城市未来模型（CUFM）结合起来。英国 Leeds 大学的 Wilson 等人是最早开始从事土地利用—交通模型研究人员之一，并将研究成果应用到实践中，加以分析检验。Johnston 在 2003 年的 TRB 年度会议上介绍了几

种为交通规划服务的基于 GIS 的通用的城市增长模型，例如 California Urban Futures Model (CUF)、Cellular Automaton Model、California Urban Futures Model - 2 (CUF - 2) 及其他一些模型。文中介绍几个实际应用的案例，重点阐述了 Uplan 模型的特征及在实际应用中的优势。除了上面的研究之外，UrbanSim 也是美国应用比较广泛的土地利用的模型。UrbanSim 模型包含了住房、商业、开发商、政府的主要选址因素和在房地产市场上的相互作用。这种方法具有一种更加透明的理论结构，这种结构使得用户可以明确地吸收政策并评估政策的效果。UrbanSim 不仅仅是一个模型，它可以被认为是一个城市仿真系统，包含了模型实施的软件部分和模型的实施与环境之间的相互作用，用于城市增长管理、城市土地规划和交通政策分析。最近加州开始建立 PECAS 土地使用模型。

目前，有许多交通规划系统得到广泛应用，如 Emme, Cube, TransCAD, VISSUM 和 Aimsun。交通预测模型系统是被世界上很多交通规划师广泛应用的多模式平衡交通规划系统，它为交通规划师提供了一套综合的工具，来满足交通需求预测建模的要求，构建多方式网络，分析以及评估交通需求。有关 Uplan 与 Emme 的集成与应用的可能性，已在最近的一篇文章中详细讨论^[7]，并在贵州省贵阳市一个主题公园的设计得到试验，获得初步成果。

与城市有关的污染计算系统一般可分为 3 种，分别定义在城市整个区域、道路路段与交叉口之上。有关交通污染的理论^[8-10]已发表许多相关理论。属于第一类的 Uplan 系统提供一种基于加州能源委员会（California Energy Commission）的城市能源估计方法，并利用 Argonne 国

家试验室的 GREET 模型, 计算 GHG 的总量。尾气排放模型包括美国加州的大气资源委员会开发的污染物排放模型 EMFAC 2007 (Air Resources Board, 2007) 和美国环境部 (EPA) 开发的 Mobile 6 属于第二类。Mobile 6. 2^[11] 模型使得交通规划者可以将机动车辆的空气有毒物质, 用计算结果, 反馈给社会来考虑。与 Mobile 6 排污率有关的因素有车辆年龄分布、车辆类型、温度、冷/热启动状态、建模年份等。美国的 MOVES 是 Multiscale、mOtor、Vehicle and equipment、Emissions System 的简称, 是一款综合的、多尺度的系统组合, 可以计算不确定性因素, 也可以利用车上数据, 同时与其他模型很好地结合起来的系统。另外, 美国的信号优化系统 Synchro 和 Traffix 7.9 属于第三类, 除计算交叉口通行能力与服务水平报告外, 还能获得交叉口交通污染物排放数据, 如一氧化碳、氮氧化物、挥发性有机污染物。Aimsun 在仿真过程中可以通过设置每种车辆的排放模型参数来实现计算所有车辆的污染物排放量。在燃料消耗模型中, 车辆的状态 (闲置、运行、加速、减速) 和车辆的速度或加速度可用于评估每个车辆在每个仿真过程中的排放量, 每种污染物类型和每种车辆都有不同的参照表格, 我们可以根据该参照表格来设置排放模型。一般都需要考虑三种排放量较大也是最常用的污染物 (一氧化碳、氮氧化合物和未燃烧完全的碳氢化合物), 当然如果有足够的数据也可以建立其他污染物的模型。

5 模型结果分析

上述的模型可用于估算城市规划与交通层面的 GHG 与尾气计算, 如基于土地面积的 Uplan, 基于路段的 Mobile 和 Moves, 基于交叉口的 Synchro 与 Traffix。Rafa et

al 对车辆尾气排污与 HCM^[12] 的交通服务水平关系, 作出了定量的计算。表 2 给出了交叉口的服务水平的定义。表 3 显示每一种污染物质在特定的速度下每英里的污染物排放量。在特定的情况下, 当交通服务水平为 B 时, 交叉口的尾气排污为最小。而若考虑路段的状况, 当交通速度为 45 英里时, 路段尾气排污为最小, 见图 3。早在 1994 年, 本文作者之一吴稼豪参加了加拿大蒙特利尔交通中心^[13] 对大蒙特利尔地区交通尾气排放的研究, 就证明了这一观点。研究表明存在着定义在排污 U 曲线上的最优出行速度和最优 HCM 服务水平。2009 年出版的加州旧金山 2035 交通规划 (Transportation 2035 Plan) 计划中的报告显示 (图 4), 采用精明持续法, 可以优化规划区域空间和提高公交投入。到 2035 年, 随着人口增加 26%, 交通出行量增加 37%、小汽车增加 32%、公交量大增了 75%, 同时, 令人注意的是, 平均出行距离却减少了 8%, 一氧化碳排放量减低了 14%。这个结果积极地回应了 SB375 法案对城市发展的要求。

服务水平 (LOS) 的标准 表 2

2003 年 ICU 有信号控制 交叉口服务水平 (LOS) 标准		2003 年 HCM 无信号控制 交叉口服务水平标准	
LOS	ICU	LOS	延误时间 (秒)
F	ICU > 1F	F	>50
E	0.90 < ICU ≤ 1.00	E	>35 - 50
D	0.80 < ICU ≤ 0.90	D	>25 - 35
C	0.70 < ICU ≤ 0.80	C	>15 - 25
B	0.60 < ICU ≤ 0.70	B	>10 - 15
A	ICU ≤ 0.60	A	<10

EMFAC 路网排放总量 表 3

方案	污染物排放量 (kg)				
	CO	TOG	SO ₂ (g)	NO _x	CO ₂
现状	33.00	2.00	0.040	5.00	1973
新建	157.62	13.10	0.189	24.30	10143
LOS E	154.06	11.33	0.185	23.80	9623
LOS D	152.07	10.71	0.183	23.65	9402
LOS C	148.90	10.19	0.178	23.35	9005
LOS B	143.94	9.47	0.174	23.41	8744
LOS A	144.22	9.47	0.175	23.49	8757



注：1 基于家庭工作车辆出行，2 基于家庭工作车辆出行。

图 3 平均速度与 CO₂ 排放的关系图

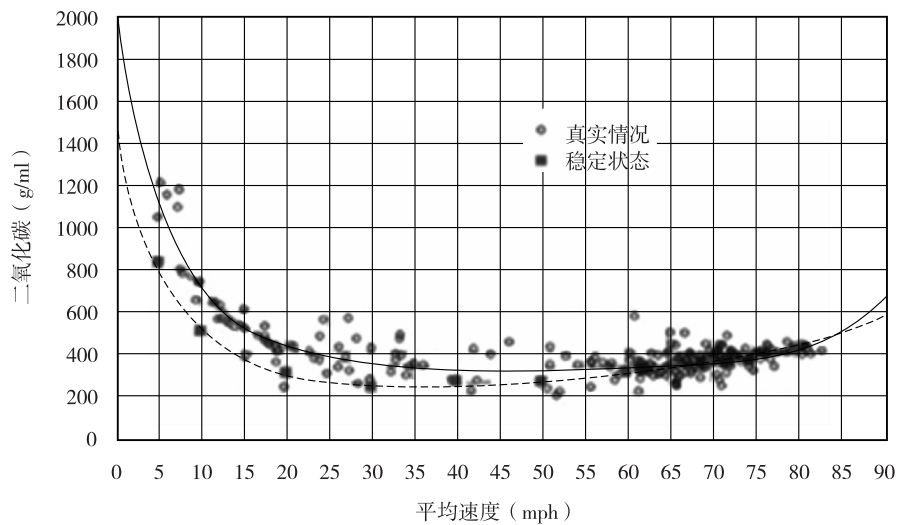


图 4 旧金山湾区交通规划区域统计数字、交通出行和空气质量指标

6 结论与思考

在城市与交通规划过程中，有必要设立环境发展政策与法规，以协调城市空间、土地使用与交通系统的关系，并优化平衡居住与就业结构的关系。同时制定政策，大力发展公交系统，应用交通一体化方法，以减少总体交通出行距离与交通排污量。应用先进的土地使用与交通模型，分析多方案的规划方案，进行科学对比，为城市与交通规划提供最优方案。提升城市空间、土地使用、交通规划及交通排污关系的理论与计算模型的水平，为城市与交通规划过程提供充分的理论依据，从而优化城市空间结构与交通系统，并降低交通尾气排放量，通过 3E 的评判指标，达到社会进一步的和谐与进步。

“城市交通规划与温室气体排放”的议题确实是一个非常主题。2010 年 8 月在上海复旦大学举办的“面向未来的城市规划与交通发展研讨会”充分认识到研究这个问题的必要性，首次倡议建立一个全国城市交通规划与温室气体排放研究平台，专门研究这个议题。该平台得到了大会参会代表与单位的热烈响应与支持，将起到进一步推进中国土地使用与交通规划及交通排污的关系研究的积极作用。

由于研究表明存在着定义在排污 U 曲线上的最优出行速度和最优 HCM 服务水平。我们的目的是在城市和交通快速与可持续发展的情况下，减少交通排污量，保持良好的生态环境。与此同时我们还可以在中国不同地区和城市改良这套模型系统，使之在中国得到积极的应用。为此，我们建议在以下方面开展研究与工作：

①建立环境发展政策与法规，积极影响城市与交通规划过程；

②协调城市空间、土地使用与交通系统关系；

③平衡优化居住与就业结构关系；

④制定政策，大力发展公交系统；

⑤建立智能低碳交通走廊，解决明显交通问题；

⑥改善交通管理水平，加强交通渠化力度；

⑦建立良好的交通隔离系统，解决机非混流现象；

⑧应用城市交通规划一体化方法，减少交通距离与排污量；

⑨建立交通服务水平定量体系，突现交通问题；

⑩提升城市空间、土地使用、交通规划及交通排污关系的理论与计算模型的研究；

⑪进行 GHG 与交通尾气模型的研究，得到不同地区参数，进行分析对比；

⑫跟踪交通发展，发布交通年报。

参考文献

- [1] Irving, William, et al. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change—National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006.
- [2] Woods Hole. Integrated State and Local Government Policy Approaches to Transportation and Climate Change. NCHRP Project 08—36 (94) Summary of the Executive Peer Exchange, 2009, The National Academies Eric J. Jonsson Center, MA, Sponsored and Coordinated by the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), the Center for Clean Air Policy (CCAP), and the Rockefeller Foundation.
- [3] Daniel K. Hardy and Michael Sanderson. Climate Change and Energy Concerns: What Can an ITE Member Do [J]? ITE, March 2010: 36—42.
- [4] ICF Consulting Fairfax, Virginia. Handbook on Integrating Land Use Considerations into Transportation Projects to Address Induced Growth. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) Standing Committee on the Environment, 2005.
- [5] Grant, Michale, et al. Assessment of Greenhouse Gas Analysis Techniques for Transportation Projects. Transportation Research Board—87th Annual Meeting, 2007.
- [6] Johnston B., Lehmer E., Gao SY, Roth N., McCoy M. UPlan Land Use Allocation Model 2.6 User's Manual. Department of Environmental Science & Policy University of California, Davis, 2007.
- [7] 曹娟娟. 城市土地利用与交通规划一体化研究 [D]. 上海: 上海海事大学, 2010.
- [8] Barth, Matthew, et. al. Development of a Modal—Emissions Model, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 25—11, Transportation Research Board, 2002.
- [9] Coombe, Denvil, John Bates and Martin Dale.
- [10] “Modeling the Traffic Impacts of Highway Capacity Reductions.” Traffic Engineering Control, 1998.
- [11] United States Environmental Protection Agency. Users' Guide to MOBILE6.1 and MOBILE6.2: Mobile Source Emission Factor Model. User's Manual. USA, 2002.
- [12] Transportation Research Board. Highway Capacity Manual. The National Academies, Washington, DC, 2000.
- [13] Audette, A., Deneault, L., Florian, M., Gendreau, M., and Wu, J. H. “Modelization of fuel consumption and emissions in Greater Montreal Region”, Publication, CRT, University of Montreal (in French), 1994.
- [14] Albeck, John & Husch, David. Synchro Studio 7 Users Guide. Trafficware. Sugar Land, TX, 2006.
- [15] Asian Development Bank and Ministry of Transport, People's Republic of China. Green Transport: Resource Optimization in the Road Sector in the People's Republic of China (Executive Summary). Asian Development

Bank and Ministry of Transport, People's Republic of China, 2009.

- [16] Asian Development Bank. Reducing Carbon Emissions from Transport Projects. Reference Number: EKB: REG 2010 -16, Evaluation Knowledge Brief, July 2010
- [17] California Air Resources Board. EMFAC 2007 Users Guide. State of California, Sacramento, CA, 2007.
- [18] California Air Resources Board. About the ARB. State of California. Sacramento, CA, 2008. www.arb.ca.gov/html/aboutarb.htm.
- [19] Cobian, R., Henderson, T., Mitra, S., Nu C., Sullivan, and E. Vehicle Emissions and Level of Service Standards: Exploratory Analysis of the Effects of Traffic Flow on Vehicle Greenhouse Gas Emissions [J]. ITE, April 2009: 30 -41.
- [20] Dowling, Richard, Robert Ireson, Alexander Skabardonis, David Gillen and Peter Stopher. Predicting Air Quality Effects of Traffic -

Flow Improvements: Final Report and User's Guide, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 535. Transportation Research Board, 2005.

- [21] Environmental Protection Agency. National Air Pollutant Emission Trends, 1970 - 2002. U. S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2005.
- [22] Environmental Protection Agency. Measuring the Air Quality and Transportation Impacts of Infill Development. United States Environmental Protection Agency (1807 - T) EPA 231 -R -07 -001, Washington, DC, 2007.
- [23] National Research Council. Expanding Metropolitan Highways: Implications for Air Quality and Energy Use. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, 1995.