

机动车交通政策的环境影响评价技术研究

朱洪 程杰

【摘要】机动车排放在城市污染排放总量的比重越来越高，城市决策者越来越需要从环境的角度来考虑机动车交通政策，而目前缺乏一套系统的机动车交通政策环境影响评价技术方法。本文从机动车交通政策的类型、环境影响评价的要求出发，研究了环境影响评价的技术流程、数据对接技术和实现平台，并以上海的评价工作为例，介绍了技术路径和可实现的功能。

【关键词】机动车；交通政策；环境影响评价；模型

1、机动车交通政策环境影响评价的现实要求

1.1 机动车排放对大气环境污染的贡献度持续提高

机动车是城市大气污染的重要来源。以上海为例，根据环境相关科研机构的研究结果显示^[1]，机动车分别占到上海市 NO_x 、CO、VOC、 $\text{PM}_{2.5}$ 等污染物排放总量的 21%、30%、11% 和 25%。由于机动车排放主要集中在交通密集的中心城区，中心城区机动车排放分别占上述四类污染物排放总量的 79%、77%、25%和 60%，是城市大气环境污染的主要来源。

由于我国正在进行产业结构升级，各类工业节能减排措施也在不断跟进，而由于机动化进程的加快带来了道路交通排放持续上升。在一些大城市，工业污染排放的比重呈现下降趋势，机动车排放比重趋于提高。以上海为例，机动车 NO_x 排放比重由 2007 年的 18% 增加到 2011 年的 21%，4 年提升 3 个百分点。同时，相比于工业排放，机动车尾气排放属于更加贴近地面，属于低空排放，对城市的空气质量和市民健康具有更加直接的影响。

1.2 改善大气环境成为机动车交通政策的重要出发点

目前，我国的环境影响评价制度多年来以项目作为环评对象，对于交通系统，主要是交通设施建设项目的环境影响评价，包括规划阶段和建设两个阶段。而欧美等发达国家，环境影响评价制度（EIA，Environment Impact Assessment）只是将项目作为评价内容的一个小部分，更重要的对象是政府出台的各类法律、规划和政策。以美国为例^[2]，美国的《国家环境政策法》要求，对严重影响人类环境质量的政府行动，必须准备一份详细的环境影响分析报告。

随着管理部门和社会对环境关注程度的加深，近年来，越来越多城市的交通政策，特别是机动车交通政策，如道路限行、黄标车限行、机动车排放标准提升、小客车管控等，更多地从环境的角度，而不仅仅是解决交通问题的角度来考虑。环境改善效果已经成为机动车交通政策的重要评价方面。

1.3 机动车交通政策的环境影响评价方法尚不完善

从一些相关的研究成果来看，目前我国对于机动车交通政策的环境影响研究定性研究较多，定量研究相对较少。在定量研究中，多是运用宏观排放因子和机动车周转量的乘积进行

测算，得到主要污染物或者碳排放的总量。总体来看，这样的评价方法存在如下一些问题。

（1）评价指标需要深化。目前的测算指标多是区域（城市）的污染物排放总量，而决策既要关注污染的排放量，更关注对环境的影响，即污染物在空气中浓度情况。因此需要延伸目前的评价流程，从污染物排放量计算延伸到污染物浓度的计算，深化环境影响评价指标。

（2）评价尺度需要细化。目前的评价指标（污染物排放量）的尺度多为一个尺度较大的区域（或城市），空间尺度过于宏观，而污染物浓度的计算需要在小尺度区域（甚至是路段）的污染物排放量的基础上才能开展。同时，很多决策过程也关心特定区域的环境影响。

（3）评价方法需要科学化。目前采用宏观排放因子的计算方法，没有涉及车辆技术、道路管理、车流特征、环境情况等因素的影响，而这些因素对污染物排放量和大气质量影响很大，也是很多政策方案的内容。因此必须使得算法涉及的因素更加多样，评价方法更加科学。

2、评价的内容和深度

2.1 评价的内容

本文所称的机动车交通政策，按照政策实施着力点来分，可以分为交通总量控制类、道路运行调控类和车辆技术管理类，不同类型的政策对于评价的功能要求有所差异化，具体如下表 1 所示。

表 1 机动车交通政策类型和环境评价要求

政策类型	政策着力点	政策示例	评估功能要求
交通总量控制类	控制道路车辆的总量规模。	● 拥挤收费 ● 小客车购买限制 ● 尾号限行 ● ...	可评价的影响因素至少应包括交通流总量、时空分布变化、运行状态。
道路运行调控类	通过道路交通管理措施，调节道路上的车辆构成和运行状态。	● 高污染车限行 ● 货车夜运政策 ● 匝道调控、单向交通等 ● 交通组织优化 ● ...	可评价的影响因素至少应包括机动车流的车辆结构、时空分布和运行状态。
车辆技术管理类	通过对车辆的技术要求，改变车辆的污染排放技术性能，降低单车能耗	● 黄标车淘汰 ● 车辆环保标准提升 ● 鼓励新能源车发展 ● ...	可评价的影响因素至少应包括道路交通流的车队组成、车辆的技术状况等。

2.2 评价的深度要求

（1）车况和车种的细分。机动车类型的细化要求一般需要根据机动车管理政策的内容和评价要求而定。城市机动车管理政策涉及到交通管理部门和环境保护管理部门，交通管理部门主要采取的道路运行调控类政策，政策调控按照车型和用途划分，一般分为摩托车、小客车、大客车、小货车和大货车；同时对于小客车中的出租车，大客车中的公交车和大货车中的集卡车又可能有专门的运行调控管理政策。而环境保护管理部门对于车辆的管理措施针对车辆环保要求，其对于车辆的管理政策内容除了车型和用途外，还涉及油品类型和排放标准，按照油品大类分为柴油车和汽油车；按照排放标准又可以分为国零（达不到国

一排放标准的车辆)、国一到国五等六类排放标准的车辆。如果按照车型、用途、排放标准和油品等进行交叉细化,机动车可能要细化到数百种,但在实际中,可根据具体的政策内容和评价要求进行简化。

(2) 污染物种类。机动车尾气中含有上百种不同的化合物,将每项化合物都纳入评价指标不太现实。一般需要计算的污染物有 CO₂ (二氧化碳)、CO (一氧化碳)、PM (颗粒物,主要为 PM_{2.5})、NO_x (氮氧化物) 和 VOC (可挥发性有机物,主要为碳氢化合物),其中 CO₂ 并不是狭义上的污染物,但作为尾气的主体,同时低碳交通的研究对象,一般纳入计算。这些排放总量已经包含了机动车尾气总质量的绝大多数部分,且污染物的种类也与国家新的空气质量标准的相关指标要求结合。

(3) 指标深度。评价的深度可以分为两个层次,一是污染物的排放量的评价,二是空气质量(污染物浓度)评价,其中污染物的排放量评价是空气质量评价的基础和前提。评价的深度要求视具体情况而定。一般来说,如果政策的影响范围是局部性,影响程度较小,多评价污染物排放量变化即可,但如果部分措施对局部地区的空气质量影响很大,也可以开展具体地区的污染物浓度变化评价,如机动车禁行对道路两侧的空气质量影响评价等。如果政策是全局性的,影响面较大,应开展空气质量的评价,如开展中心城区机动车尾号限行措施的空气质量影响评价等。



图 1 评价要求与难度的对应关系

(4) 空间尺度。空间尺度的计算需要根据实际的评价要求而定,空气的尺度要求越细,对数据的要求就越高,流程就越复杂,难度就越大;反之则难度越小。空间尺度的要求和指标的深度在很大程度上决定了评价的难度系数。具体如图 1 所示。

3、评价技术流程

3.1 总体技术路线

对机动车交通政策的环境影响评价,需要大量的交通数据和技术支撑。按照技术路线来看,可以分为三个阶段。一是机动车交通流量的计算,需要依靠交通模型,在该阶段,可以设置方式结构调整类政策、机动车总量管理类、机动车运行调控类等不同政策的方案。二是污染物排放量的计算,需要依靠排放模型,在该阶段,可以通过相关参数,设置车辆管理类

方案（如新车排放标准提升）等。三是污染物浓度的测算，需要依靠扩散模型，该阶段可以设置不同气象方案，如极端天气下的污染物浓度情况。如果计算的指标深度要求仅仅到污染物排放量，则只需前两个阶段。

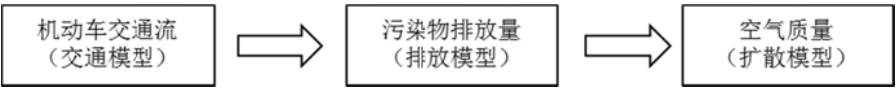


图 2 评价的技术流程

由于对于空间的尺度和数据的精细化水平的要求不同，交通模型、排放模型和扩散模型可以在不同的层面进行计算。表 2 分为宏观、中观和微观等三个层面描述三类模型的情况。

表 2 不同层面模型的作用

	交通模型	排放模型	扩散模型
宏观	通过测算或集计，得到基于区域的机动车运行交通参数（如分车种的车公里等）	基于区域的宏观排放因子，可增加部分调整系数	-
中观	运用交通需求模型，得到全路网的路段交通流量和运行特征参数	基于车队运行工况的排放模型	城市污染物扩散模型
微观	运用道路交通仿真模型，模拟并得到单车的运行状况	基于单车行驶状态的物理模型	街道污染物扩散模型

在宏观层面，由于交通模型和排放模型的计算结果往往是整个城市的交通量和污染排放量，由于数据对应的空间尺度过大，难以开展扩散模型。在中观层面，由于可以得到具体分路段的机动车流量和污染排放量，可以运用扩散模型，模拟城市不同区域的污染物浓度情况。在微观层面，交通模型可以模拟单车的运行状况，排放模型可以计算每辆车的排放情况，通过集计，也可以得到路段的污染排放情况，扩散模型可以模拟机动车污染物在街道的扩散模式。具体在那个层面开展评价，需要根据具体的评价需要而定。

为了对排放的技术路线进行细化分析，以下以中观层面的评价为例，描述各阶段的流程以及在不同阶段可以设置的方案类型。具体如图 3 所示。

3.2 评价模型的初步建立

由于交通模型、排放模型和扩散模型均有专门的文献进行介绍和分析，机动车交通政策需要一个模型体系。本文的重点是论述三类模型的选择和衔接技术。

3.2.1 交通模型与排放模型的衔接

交通模型和排放模型是两套在不同行业工作者研究的数学模型，长期以来，交通模型一般由交通专业人员所熟悉，而排放模型主要为环境专业人员所熟悉。对于单项的研究较多，而对于两者的衔接研究较少。交通模型和排放模型可以在三个宏观、中观和微观等层面进行衔接^[3]。在模型衔接上，由于交通模型的输出是排放模型的输入，因此排放模型的输入要求决定了交通模型的输出。

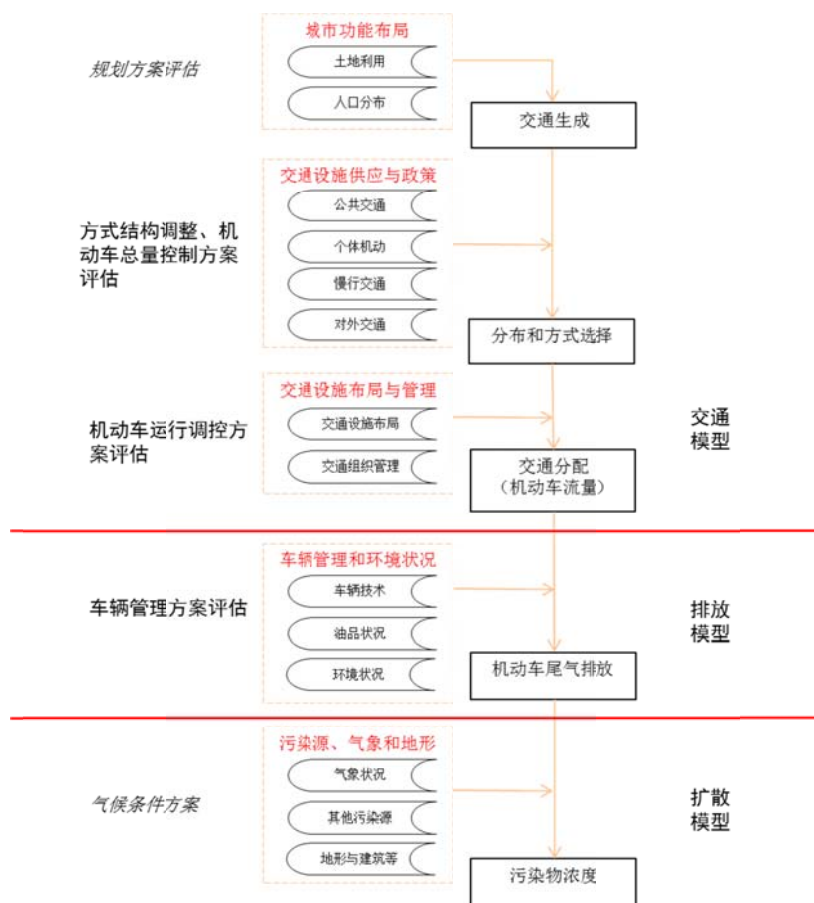


图3 道路评价的技术流程

在宏观层面，排放模型多为宏观排放因子的，也可增加若干调整系数以增强算法的适用性。其对于交通模型(有时候甚至都不需要模型)的输出要求是宏观的交通参数(如车公里)。这种方法计算算法相对简单，可根据有限的若干个参数和指标，计算出区域的交通排放量，其排放结果难以细化。可用于没有道路交通模型支撑下的区域机动车交通排放清单计算，虽然该算法相对简单，科学性不足，但算法的适用面广，尤其在仅有少量数据可获得的情况下，运用宏观模型可获得较好的应用，一般用于排放的总量测算。如国家环保部对于全国机动车污染排放考核的算法就是采用该类模型进行计算。

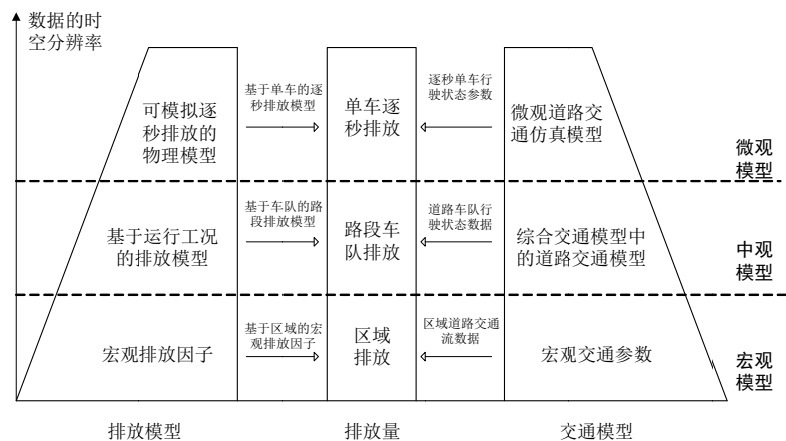


图4 交通模型和排放模型的数据对接

在中观层面,排放模型计算对象为道路路段上的车队,一般采用代用函数(如平均车速,VSP等)描述道路交通运行工况,建立机动车车队污染物排放量与机动车运行工况、环境、油品、机动车技术等各类参数的关系,可计算得到一段时间内路段上车队的排放量,该类的排放模型较多,如美国的 MOBIL 和 IVE,欧洲的 EMFAC 等等。交通模型为排放模型提供分路段的机动车流量数据和行驶代用函数(如平均车速等),一般采用交通需求模型,如传统的“四阶段”模型,最终结果可以得到道路交通流数据。

在微观层面,排放模型是根据机动车的瞬时运行工况,计算单车的瞬时排放状况,对单车的数据要求很细,如 CMEM 模型。这类算法对交通模型要求较高,需要道路交通仿真模型的支持,能够得到每辆车的瞬时车速和加速度等特征数据。由于建立市域性的道路交通仿真模型的可能性较小,因此微观排放模型主要用于部分道路的交通排放的模拟。

3.2.2 排放模型与扩散模型的衔接

排放模型为扩散模型提供污染源的分布及量的数据。按照分布特征,污染源可以分为点源、线源、面源和体源。机动车污染归为线源,但在扩散模型实际运算中,即可以按照路段作为污染源的输入,也可以按照片区或者地带进行集计。

在宏观层面,由于宏观计算量往往一个城市的污染物排放总量,数据细致程度不能到达扩散模型的要求,一般不开展污染物浓度计算。

在中观层面,排放模型在空间细致程度一般可以细致到路段,但对于扩散模型来说,除了要求排放量的空间细分,还需要开展时间的细分,一般至少要细化到每个小时。如果交通需求模型无法细分时段道路交通需求,则在排放计算时,至少根据交流的时段系数,对污染物排放量进行分时段细化。

在微观层面,排放模型可以为扩散模型提供在空间和时间上足够细分的污染物排放数据。但如果扩散模型需要按照峡谷模式进行扩散计算,则还需要城市三维数据,以了解周边建筑的高程。

3.3 评价模型的软件平台整合

交通模型、排放模型和扩散模型均有相关软件作为技术平台,前项模型软件的输出可作为后项模型软件的输入。如交通模型的软件平台有 TransCAD、EMME、Cube、TransModeler、Vissum 等软件平台,排放模型有 Mobile、IVE、EMFAC、CMEM、MOVES 等软件平台,扩散模型有 ADMS、MM5\CMAQ 等软件平台。但如果采用多个平台进行计算,数据需要多次导入和导出,增加流程的复杂度,且不同的软件之间数据的格式要求存在差异,难以提高效率。因此必须将各类技术平台进行整合,提高运算效率。

由于扩散模型的软件平台和交通模型的软件平台差异很大,难以整合在一起。而排放模型既可以整合到交通模型中,也可以整合到扩散模型中。整合方法有两种,一是利用软件平台的自身模块功能,如交通软件 TransCAD 已经将 Mobile 作为模块整合进来,扩散软件 ADMS 也已经可以将机动车流量作为输入,直接计算污染源和排放需求。这种整合方法的优点是操作简便,但相关参数难以本地化,计算结果的科学性存在一定的问题。二是对软件

进行二次开发，将算法和相关参数直接写入，优点是参数可以本地化，算法的适用性和科学性相对较好，缺点是需要重新编程，实现难度相对较大。

4、评价技术的实现和应用前景

以上海的实践为例，讲述评价技术的实现。上海市已经构建了从交通模型到排放模型，再到扩散模型的技术流程。

交通模型的构建。上海市构建了上海市综合交通模型体系^[4]，采用经典的“四阶段”交通需求模型可以得到中观层面评价所需要的每条路段的分车种道路交通流量，对中观层面的数据进行集计，也可以得到宏观层面的交通参数。对于微观仿真模型，受数据面采集的限制，主要建立了全市高架道路交通仿真模型。

排放模型的构建。上海城市综合交通规划研究所通过长期和环境研究机构合作，对排放模型的 IVE 算法进行了本地化，本地化的参数包括排放因子、运行工况（VSP）、环境参数（温度、湿度）、油品情况。并通过车辆管理所获得的数据，对道路机动车的车辆构成进行了细化，并应用 GISDK 语言对交通软件 TransCAD 进行了二次开发，将排放模型整合到了交通模型中。图 5 为计算后的污染物排放量并进行了网格化处理。

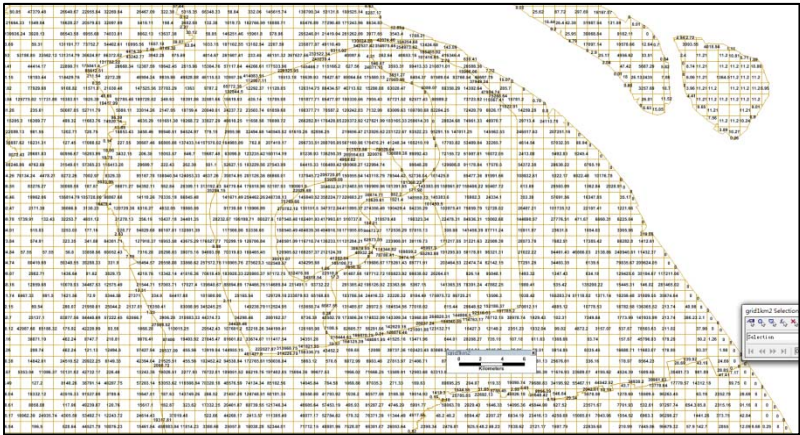


图 5 全市排放模型的网格化处理（以氮氧化物为例）

扩散模型的构建。上海市主要与环境相关研究部门配合，将排放的数据结果导出成 GIS 文件，并在 ADMS 和 MM5/CMAQ 等扩散模型软件平台上实现污染物浓度的计算，环境研究部门掌握的气象数据和其他污染源的数据也加入运算。

总的应⽤前景归纳如下：

- （1）道路交⽬排放的测算。定期收集的⽬道路交⽬流状况、⽬动车技术特征、油品质量等相关数据，更新交通模型和排放模型的参数，计算得到道路交⽬污染物的排放量和碳排放量，并可以获得细化数据，如分车种、分区域、分道路的⽬污染物排放量情况。
- （2）政策方案的减排效果评价。通过在不同阶段设定⽬地利用、⽬式结构方案、交通总量控制、道路运行调控和车辆技术管理等方案，计算这些方案的减排量，并开展效果评价。
- （3）环境影响效果评价。通过对于交通排放数据的扩散，获得污染物浓度模型，进而进行环境改善效果的评价。

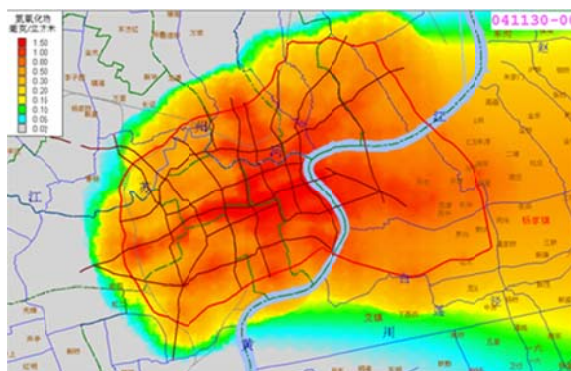


图 6 上海市中心区道路污染的扩散分析

5、结束语

机动车交通政策的环境影响评价方法是一个新的研究课题，涉及交通、环境、气象、城市地理等多个研究领域，也需要不同研究领域机构的共同参与，长期的合作机制是开展评价工作的必要条件。本文阐述了评价的技术方法，并开展了一些评价实践工作，但这些工作也仍在技术摸索阶段，仍存在不科学、不成熟之处，还需要更多的研究人员共同参与和探讨。

【参考文献】

- [1] 陈长虹、黄成等. 交通节能减排管理和技术手段研究[R]. 上海: 上海市环境科学研究院, 上海市城市综合交通规划研究所, 2012 年.
- [2] 赵绘宇、姜琴琴. 美国环境影响评价制度 40 年纵览及评价[J]. 当代法学 (双月刊), 2010 年, 第 1 期: 133-134.
- [3] 霍红, 贺克斌, 王歧东. 机动车污染排放模型研究综述[J]. 环境污染与防治, 2006 年, 28(7): 526-527.
- [4] 陈必壮, 陆锡明, 董志国等. 上海交通模型体系[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011 年.

【作者简介】

朱洪, 男, 硕士, 上海市城乡建设和交通发展研究院, 副所长, 高级工程师。电子信箱: zhuhong@scctpi.gov.cn

程杰, 男, 硕士, 上海市城乡建设和交通发展研究院, 工程师。电子信箱: chengjie717@gmail.com