

能 源 基 金 会

项目资助号：G-1109-14839



**机动车道路排放区域清单模型研究**  
**Research on Regional- Scale Transport**  
**Emission Inventory Modelling for on-Road**  
**Vehicle**

中国汽车技术研究中心

2013 年 4 月



# 目 录

摘 要 .....	1
Abstract .....	1
第 1 章 项目概要 .....	2
1.1 研究背景 .....	2
1.2 研究目的和意义 .....	5
1.3 研究内容和方法 .....	6
1.3.1 主要研究内容 .....	6
1.3.2 项目实施的技术路线 .....	8
1.4 研究难点和创新点 .....	10
第 2 章 机动车排放模型研究概述 .....	12
2.1 机动车排放因子模型分类概述 .....	12
2.2 国外机动车排放模型研究介绍 .....	16
2.2.1 美国 MOBILE 模型 .....	16
2.2.2 美国 EMFAC 模型 .....	22
2.2.3 美国 IVE 模型 .....	22
2.2.4 美国 CMEM 模型 .....	25
2.2.5 美国 MOVES 模型 .....	27
2.2.6 欧洲 COPERT 模型 .....	28
2.3 国内机动车排放模型研究介绍 .....	29
2.3.1 中国机动车排放模型 CVEM .....	29
2.3.2 北京市流动源排放因子模型 .....	31
2.4 国外模型适用性比较与排放模型功能分析 .....	36
2.4.1 国外机动车排放模型适用性比较分析 .....	36
2.4.2 区域道路机动车排放清单模型的功能分析 .....	37
第 3 章 区域道路机动车排放清单模型的构建 .....	39
3.1 排放模型的总体设计框架 .....	39
3.2 模型软件的需求分析和功能目标 .....	39
3.3 本项目的机动车环保车型分类体系 .....	43
3.3.1 车型分类方法 .....	43
3.3.2 机动车道路活动水平 .....	44
3.4 模型的“道路与交通信息关联”模块 .....	54
3.4.1 “道路信息”子模块 .....	54
3.4.2 “车型分类-模型构建”子模块 .....	56
3.4.3 “车流量特征”子模块 .....	57
3.4.4 “速度特征”子模块 .....	59
3.5 模型的“系统运行设置”模块 .....	60
3.5.1 “数据设置”子模块 .....	60

3.5.2 “模型运行计算”子模块 .....	61
3.5.3 “结果查看”子模块 .....	62
3.5.4 “情形分析”子模块 .....	68
第 4 章 区域道路机动车排放清单模型的应用.....	70
4.1 模型运转的模拟演示 .....	70
4.1.1 模型登陆 .....	70
4.1.2 输入道路交通信息数据 .....	71
4.1.3 输入车型分类构成和排放模型参数库.....	72
4.1.4 输入车流量特征数据 .....	72
4.1.5 输入速度特征数据 .....	73
4.1.6 数据设置 .....	74
4.1.7 模型运行计算 .....	74
4.1.8 结果查看 .....	75
4.2 区域机动车动态污染显示系统 .....	77
4.2.1 道路交通流信息采集子系统 .....	78
4.2.2 环境信息采集子系统 .....	78
4.2.3 道路机动车动态排放统计子系统 .....	79
4.2.4 道路机动车 GIS 显示子系统.....	80
第 5 章 总结和建议 .....	81
5.1 总结 .....	81
5.2 建议 .....	82
致 谢.....	83
参考文献.....	84
附录 I：本文专用术语解释 .....	86



## 摘 要

当前，我国的机动车排放污染问题日益突出。2011 年全国机动车保有量达到 2.08 亿辆，尾气排放已成为我国空气污染的主要来源，是造成灰霾、光化学烟雾污染的重要原因。同时，由于机动车大多行驶在人口密集区域，尾气排放直接威胁人群健康。

在我国机动车污染防治工作中，相关管理部门一直缺乏有效的量化评估手段和科学工具对相关政策法规实施后所取得的真实环境改善效果进行评估。研究者们为了充分掌握机动车污染排放的规律和特征，向决策者提供科学有效的机动车污染控制措施，一直在致力于研究机动车污染物排放的物化原理和影响机动车污染的主要因素，并据此建立机动车排放模型，以模拟城市区域或者街道的污染物排放。机动车排放因子模型的开发，是排放因子研究工作的重要环节，也是研究工作向实际应用转化的关键步骤。

因此，为了从地域尺度上对国家和各城市的机动车排放量进行准确估算；从时间尺度上对过去和现在的污染状况做出分析和评估，预测将来的污染趋势。项目课题组开发了以平均速度为特征的区域道路机动车排放清单模型软件，并以排放模型为核心，结合自主开发的道路交通信息流数据采集系统和机动车路网 GIS 显示系统，集成建立了区域机动车动态污染显示系统。

本项目建立的区域道路机动车排放清单模型和区域机动车动态污染显示系统是针对我国机动车排放因子研究的具体情况，本着开发出一套科学的、有效的、实用的工具系统为宗旨，以实现模拟城市区域或者街道的机动车污染物排放规律和特征这一功能为目标，进而从改善空气质量的角度上，针对我国机动车污染防治工作向决策者提供真正意义上的指导和技术支撑。



## Abstract

Nowadays, the vehicle emission pollution is becoming an increasingly serious issue. By 2011 the automotive vehicle inventory has reached 208 million, of which the exhaust emissions have become the main reason leading to air pollution like dust-haze and photochemical smog. Besides, most vehicles are distributed in densely populated areas, their emission will give a direct harm on the public health.

In our county's pollution control of automotive vehicle, some relevant department is lack of quantitative evaluation method and scientific tools to evaluate the practical environmental improvement after the implementation of some policies and regulations. In order to master the principle and feature of vehicle emission and provide effective control measures for decision maker, researchers have devoted themselves on studying materialization principle of vehicle emission and main factor influencing the air pollution, on the basis of which a vehicle emission model will be setup to imitate the pollutant emission in urban area.

In order to estimate different city's vehicle emission and pollution accurately in terms of region and time, the reach project team develops a software model of vehicle emission list at average speed. By this core model combined with a self-developed data collection system of road traffic and GIS system, the research team set up an integrated dynamic pollution display system of regional vehicle.

In this project, on the basis of some particular research on the vehicle emission factors, the emission list model and dynamic pollution display system of regional vehicles are aimed to imitate the emission regular pattern and feature of vehicles in roads and urban areas so that to achieve the goal of improving air quality with the help of a scientific and effective system and give instruction and technical support for the decision maker.

# 第 1 章 项目概要

## 1.1 研究背景

随着我国经济的快速发展和城市化步伐的加快，居民的硬件生活水平得到了空前的提高。但是由于城市人口的持续增长、城市规模的不断扩大和城市机动车保有量的激增，造成城市道路交通堵塞和城市机动车排放污染日趋严重，导致了大气污染问题日益严重、致使城市生态环境和城市居民身体健康受到损害。这些都已成为我国城市化发展过程中亟待解决的重大环境问题。

2011 年我国汽车产销量保持高速增长，全年汽车产销量分别达到 1841.9 万辆和 1850.5 万辆，同比增长 0.8% 和 2.5%，产销量连续三年居世界首位。截止到 2011 年 6 月底，全国机动车保有量达 2.17 亿辆。其中汽车 9846 万辆、摩托车 1.02 亿辆。快速增长的机动车保有量带来了一系列严峻的问题：

一方面，从城市交通拥堵的角度出发，城市道路的改造、建设速度跟不上机动车的发展速度，主要道路发生交通拥堵的频率和持续时间明显增加，交通快速路和主干道污染高于城市大气环境水平。加上机动车集中排放、贴地排放，停留在人体呼吸带高度和有机性的污染特点，对污染和人体的危害更大<sup>[1]</sup>。此外，城市道路交通拥堵导致机动车的行驶工况大部分处在怠速、低速、低加速和低减速等工况区域内，而机动车怠速和低速行驶以及频繁加减速是造成单位距离高油耗和高排放的主要原因<sup>[2]</sup>。所以，城市道路交通拥堵致使机动车尾气排放问题更加严重。

另一方面，从燃油消耗量的角度出发，由于机动车数量的快速增长，促使我国成为仅次于美国和日本的世界第三大原油消耗国。中国的原油消耗量每年增长 4%，到 2009 年达到 3.94 亿吨<sup>[3]</sup>。根据碳平衡法原理<sup>[4]</sup>，机动车燃油消耗量越大，其造成的尾气排放污染物总量就越大，危害越严重。

根据 2012 年中国机动车污染防治年报<sup>[5]</sup>统计，2011 年全国机动车四项污染物排放总量为 4607.9 万吨，比 2010 年增加 3.5%。其中，一氧化碳 (CO) 3467.1 万吨，碳氢化合物 (HC) 441.3 万吨，氮氧化合物 (NO<sub>x</sub>) 637.5 万吨，颗粒物 (PM) 62.1 万吨。汽车是污染物排放总量的主要贡献者，其排放的一氧化碳 (CO) 和碳氢化合物 (HC) 超过 70%，氮氧化合物 (NO<sub>x</sub>) 和颗粒物 (PM) 超过 90%。

总之，由于城市机动车保有量的快速增长，导致目前许多城市的环境空气污染特征已经由“煤烟型”转变为“煤烟型—汽车尾气复合型”<sup>[6]</sup>，区域性大气细颗粒物和臭氧污染不断加重，一些城市经常出现长时间灰霾天气，空气污染对公众健康产生了严重威胁。特别是大型城市，随着工业企业的逐渐搬离，交通领域成为细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）、灰霾、烟雾和其它严重空气质量问题的主要源头之一。即城市机动车尾气已成为城市空气环境中 NO<sub>x</sub>、CO、O<sub>3</sub>、细颗粒物和超细颗粒物等及光化学污染的主要影响因子，其中许多有毒物质具有“三致”效应（致畸、致癌、致突变作用）。对环境空气质量和人体健康的影响日益严重。可以说，机动车污染已经成为大气环境污染中最突出、最紧迫的问题之一。

针对机动车排放污染防治问题，“十一五”期间，我国初步建立起新生产机动车环保型式核准、环保一致性监管、在用机动车环保检验、环保合格标志核发和“黄标车”加速淘汰等一系列环境管理制度，相关法律、法规、标准体系不断完善，机动车污染防治体系和监管能力基本形成。“十一五”期间我国机动车保有量增长了 60.9%，但污染物排放量仅增加了 6.4%<sup>[7]</sup>，取得初步成效。“十二五”期间，我国将加强机动车排放总量消减，《国民经济和社会发展规划纲要》将 NO<sub>x</sub> 排放总量消减 10% 作为约束性指标。此外，新修订的《环境空气质量标准》调整了污染物项目和限值，增设了 PM<sub>2.5</sub> 平均浓度限值和臭氧 8 小时平均浓度限值，收紧了 PM<sub>10</sub>、二氧化氮等污染物的浓度限值。这些举措在加强机动车排放污染防治、保护公众健康方面发挥了积极作用。

目前，尽管在机动车排放污染治理方面，管理部门采取公共交通优先战略的同时，逐步严格新车排放标准、加强在用车管理、加快更新淘汰老旧车辆、提高车用油品质量、倡导绿色出行以及车辆限号限行等一系列的措施，对控制机动车尾气污染已取得了显著成效。但是，在我国机动车污染防治工作中，管理部门一直缺乏有效的量化评估手段和科学工具对相关政策法规实施后所取得的真实环境改善效果进行评估。比如，当国家实施新的《车用燃料标准》、《机动车报废制度》、《国家第Ⅱ阶段机动车排放标准》、区域性（地方）管理政策（限行、限速等）等措施后，如何评价所获得的社会经济效益（Cost-benefit）。国内外的研究早已证实，只有正确预测和模拟各种环境政策、手段以及交通管理措施的实施效果，才能在进行政策管理时去选择最佳的污染控制防治方案，并以最小的代价取得最大的社会环境效益。

因此，为了充分掌握机动车污染排放的规律和特征，向决策者提供科学有效的机动车污染控制措施，研究者们致力于研究机动车污染物排放的物化原理

和影响机动车污染的主要因素，并据此建立机动车排放模型，以模拟城市区域或者街道的污染物排放。机动车排放因子模型的开发，是排放因子研究工作的重要环节，也是研究工作向实际应用转化的关键步骤。我国关于机动车排放因子研究工作已开展了十几年，需要一个能够真正代表中国机动车排放水平和使用状况的排放因子模型，开发和应用这样一个系统工具既有助于国家和各城市政府部门对机动车污染状况进行分析，又有助于开展与机动车排放因子相关的各项科研活动。所以，为了从地域尺度上对国家和各城市的机动车排放量进行准确估算；从时间尺度上对过去和现在的污染状况做出分析和评估，预测将来的污染趋势。环境保护部机动车排污监控中心（VECC, Vehicle Emission Control Center）在调研国外典型排放因子模型的基础上，根据实测的中国典型机动车排放数据和使用需求，确立了构建中国机动车排放因子模型的技术路线，在实验获得基本排放因子和修正因子的基础上，基于微软公司的 Microsoft .NET Framework 软件开发了我国机动车排放模型（China Vehicle Emission Model, 简称 CVEM）。目前，CVEM 作为一个科学的工具尚存在一些问题亟待改进，很多功能仍需要开发研究。总之，CVEM 需要随着我国机动车污染防治工作的不断进步而更新升级更新。

此外，国内科研院所、高校和相关部门在进行我国机动车排放清单的研究工作上，主要停留在引用国外模型（如 MOBILE、IVE、EMFAC、CMEM、COPERT 等）结合中国情况调整部分参数进行计算的阶段，部分城市开展了机动车排放量的计算研究，但由于研究方法不统一、缺乏排放系数的实际试验数据和引用国外存在的很多局限性，加大了研究结果的不确定性。

本项目“机动车道路排放区域清单模型研究”针对我国机动车排放因子研究的具体国情，旨在开发出一个科学的、有效的工具，对我国机动车污染防治工作的开展提供真正意义上的指导和技术支撑。研究成果主要有：道路机动车交通流信息采集系统、区域机动车排放清单模型、区域路网 GIS 信息系统以及由这三部分整体集成后建立的区域机动车动态污染显示系统，可用于模拟城市区域或者街道的机动车污染物排放规律和特征，从改善空气质量的角度上向决策者提供一个科学有效的量化工具系统，科学的指导开展机动车污染防治工作，具有十分重要的研究意义。



## 1.2 研究目的和意义

### (1) 研究目的

本项目以实测数据为研究基础，以建立区域机动车排放清单模型为手段，以准确测算城市中观尺度下具有时空分布特征的区域路网上车队排放清单为研究目的，完成具有交通、道路不同组合方案分析功能，可以和目前通用的空气质量模型相衔接的，建立起具有自主独立产权的“区域机动车排放清单模型”。此外，将该模型对指定城市区域路网上机动车排放的测算结果在 GIS 地图信息上动态地显示出来，为提高城市机动车污染的控制水平提供一条十分有效的途径。

### (2) 研究意义

本项目研发的系统和模型可以作为一个环境评价模型系统为城市机动车污染防治的管理者和决策者实现以下三方面功能：

- 可以在城市区域内复杂的交通及地理环境下，把机动车排放对城市空气环境的影响以高时空分辨率地估算出来；
- 可以在线地将管理者的交通环境控制经验以专家决策系统的形式共享；
- 预测实施各种复杂的政策组合后的环境效果，有效解决或降低机动车排放对城市空气质量的损害。

此外，本模型系统如果得到推广应用后，可以解决很多问题，譬如：

- 以目前的道路状态和控制手段，在保障居民人群健康的情况下，城市到底能容纳多少机动车；
- 这些城市道路机动车按不同种类的组合数量；
- 是否可以用其他某些方法（如改变道路交通）来改善空气质量；
- 是否需要对特殊的污染区域实施部分、某种、全部车辆限行政策；
- 是否只允许高标准（如国 V）机动车通过；

.....

总之，本项目研究成果的推广应用（如在国家环保部机动车排污监控中心（VECC）和各省市环保部门等的采纳应用）将满足国家以及各省市环保部门针对城市机动车排放监管的需求。通过这一工具，可以进一步促使其在机动车污

染防治的工作更加科学化，真正为实现机动车减排起到促进作用，使科研工作的科技成果服务于民。

## 1.3 研究内容和方法

### 1.3.1 主要研究内容

本项目的核心研究内容是建立基于 GIS 技术的高时空解析度道路排放清单系统。按道路行驶工况（暂以车速为主要因子）的空间变化特征对现有路网进行拆分，将所获得的区域道路车辆的时空分布特征（速度，车流量，车型的月、日、时分布），分配到基于 GIS 的区域路网交通信息动态数据库数据中，利用自主开发的“区域道路机动车排放清单模型”，建立具有高时空分辨率的路网（机动车）流动污染源排放清单。

项目实施的具体研究任务可以分为以下 7 部分：

（1）建立基于机动车排放特征以满足机动车污染防治管理工作要求的机动车环保分类体系

主要是通过收集整理我国现有的机动车及发动机的生产及销售数据，建立基于我国机动车排放特征的车辆分类数据库，使它具有和我国现有交通管理数据库的可兼容性。这部分还将依托环保部机动车污染监控中心（VECC）参与的《第一次全国污染源普查》中机动车的历史保有量和行驶里程数据，以此延伸确定适合于机动车排放模型的、又兼顾到我国目前的机动车分类体系并包括现在及未来可能的交通、环境管理政策节点。该分类体系分类原则应该考虑到：

具有和我国现有交通管理数据库的可兼容性以及其它机动车分类体系的可比较性：

- 行业统计,如机动车年鉴、发改委能源统计；
- 国家统计局公报；
- 污染源调查等；
- 便于和世界上主流的排放模型比较。

同时，应兼顾到现在及未来可能的交通、环境管理政策节点：

- 国家现行的机动车种类划分（如，载货车的微、轻、中、重型车；载客车中的微、小、中、大型客车等）；
- 具有相同或类似排放特征的类型（如半挂货车）；



- 可能给予特定政策的车型（如，排量小于 1.6L 小轿车）；
- 需要特殊控制的车型（如，公交、出租车等）；
- 未来可能成为主要车型和其它新型机动车（如，混合动力、天然气、电力、燃料电池、太阳能为动力的等）；
- 便于和世界上主流的排放模型比较；
- 可以便捷地和目前国内主流的交通模型对接。

#### （2）建立应用机动车环保分类体系的区域道路机动车排放模型参数库

根据项目建立起来的基于排放特征的机动车环保分类体系，逐一对应的建立起每种车型的机动车排放模型参数，从而建立起区域道路机动车排放模型参数库。

本项目研究工作的开展一方面主要是采用“北京市机动车污染控制决策支持系统的研究和建立”项目的研究成果，此项目完成了近 1000 辆机动车排放测试的工作，利用其已获得的排放数据建立起本项目的排放因子库；另一方面主要是利用项目课题负责人在国外曾经取得的研究成果，主要用于建立和升级国Ⅳ和国Ⅲ车型的排放模型参数库。

#### （3）建立基于平均速度的区域道路机动车排放清单模型

在获得区域道路及交通数据后，将道路信息处理（拆分、组合等）成适合于机动车排放模型对道路、交通在时空方面要求的形式，按“机动车分类体系”的数据库结构建立细化了的路网机动车数据库，然后运行已取得的平均速度排放模型，生成区域道路机动车排放清单，建立基于路网 GIS（地理信息系统）的动态显示系统，其中主要涉及转换路网成为网络网格（1km x 1km）和将道路拆分成具有类似行驶工况路段（把整条道路按照排放特征的不同分成多条路段）的 GIS 切分工具的开发（包括软件开发的 MAPBASIC 编程，将道路上机动车污染物的排放量以网格和道路两种形式显示，这两种形式也是通用的空气质量模型所需的排放输入形式）和动态道路机动车污染物排放图谱显示系统两部分。它可以集成机动车信息数据库、排放测算模型、交通环境控制措施的环境效果（排放）、机动车污染动态显示系统，并可以根据地方经济活动特征嵌入减排的损益定量分析模块。

#### （4）建立道路机动车交通流信息采集系统

以《2011 年中国汽车工业年鉴》的车型数据库和《2012 年中国机动车污染防治年报》的车型分类方法为研究基础，基于激光幕帘扫描、视频图像检测器和便携式路侧激光交通调查仪的技术手段，建立起本项目用于识别车型的车型

分类数据库，进而获取实时的道路单车车型数据信息和某一时间区间内道路累计的交通流信息。此外，将监测环境空气质量数据（如 NO<sub>x</sub>、PM 等）和环境气象数据（如温度、湿度、风向和风速等）的设备集成后，和道路机动车交通流信息采集系统一起，将作为区域道路机动车排放清单模型的输入端。

（5）建立基于路网 GIS 的区域机动车动态污染显示系统

开发以天津为样板城市的 GIS 路网层以及交通信息表（仅 TAB 文件，不包括交通信息流采集）的采集系统，之后建立起用于道路 GIS 路段切分工具的二次开发系统（基于 MapInfo 平台）和道路 GIS 系统与区域机动车排放模型的接口模块，建立路网 GIS 信息显示系统，并将其与道路机动车交通流信息采集系统、监测环境空气质量和环境气象数据的信息系统以及区域道路机动车排放模型后，最终建立起通过四个屏幕显示区域机动车动态污染显示系统。

（6）建立交通、环境及其他措施对机动车排放影响模块

在以上排放模型开发基础上，建立实施机动车污染控制对策（包括经济措施、管理措施和技术措施）对排放影响的评估方法，以此生成运算模块，将该模块嵌入到排放模型中，最后将他们集成到空气质量模型中。

（7）集成排放模型与空气质量（大气扩散）模型：

本项目规划出，将使用现有主流数值模拟方法的空气质量模型作为模板，如 CMAQ、CALPUFF 和 AERMOD 等，建立机动车排放管理决策支持系统。该系统可定量评估各种控制对策的环境效果并以 GIS 进行动态显示。通过空气质量变化的数值模拟方法，对拟采取的各种控制措施的环境效果进行比较，建议未来不同时期最佳的机动车污染控制政策，评估各种不同的手段、措施和政策下机动车污染对大气质量的影响，以求以最小的经济、社会代价取得最好的环境效益。

### 1.3.2 项目实施的技术路线

本项目的研究方法和技术路线，参见图 1-1。

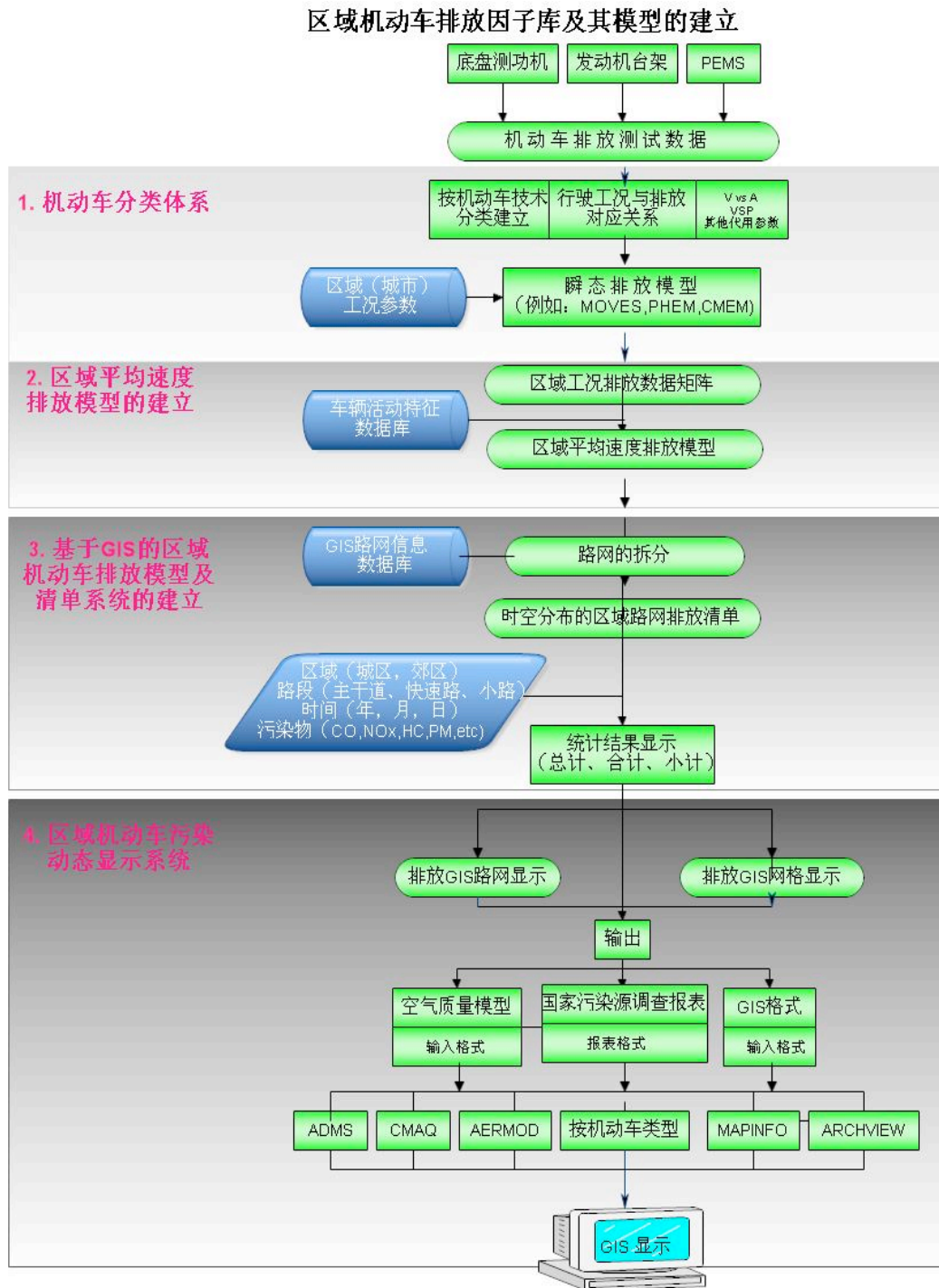


图 1-1 “建立区域机动车排放模型”项目研究方法和技术路线

## 1.4 研究难点和创新点

### (1) 关键技术的难点

- 将具有较高的时空解析度的排放模型应用到复杂的城市道路系统，建立具有 GIS 高精度的区域排放清单，并将其与空气质量模型进行集成，一直是个挑战性的课题，它的主要技术难点包括：如何获得排放清单的真实时空性；如何将这一动态的时空性无缝传递给空气质量模型；如何同步获得其它非机动车污染源的活动情况；
- 区域平均速度排放模型的建立：建立基于平均速度的排放模型。在工况排放因子模型中最大的困难是异常值的筛选和空白点的充填。如图 1-2 所示：

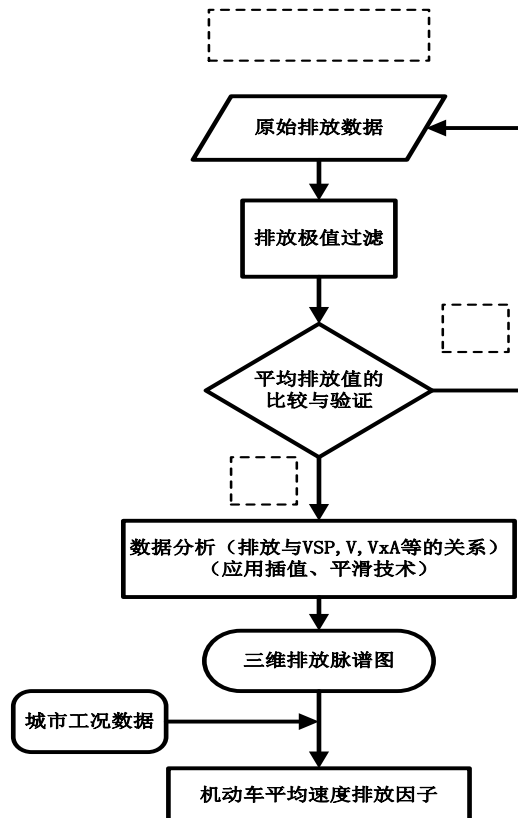


图 1-2 关键技术难点

- 获得覆盖各种车型的排放速率数据库的建立：目前已取得的测试结果可能暂时无法覆盖全部车型，可能对空缺车型采取补测及引用西方相关模型的方法来补充；
- PM 排放模型的建立：鉴于我国目前现有机动车排放测试结果，尚不具

备建立 PM 排放模型，对此将引入欧洲现有的测试结果和模型来弥补这一空白点；

- 国Ⅳ、国Ⅴ排放模型的建立：鉴于到目前为止，国Ⅳ的排放标准尚未实施，而仅上海和北京两地实施了国Ⅳ，所以预计将无法获得足够的国Ⅳ、国Ⅴ车型的排放测试数据，对此亦暂时采用引入欧洲 ARTEMIS 模型的结果。

## (2) 预期的创新点

- 构建了基于排放特征的机动车环保分类体系：中国车辆管理部门的分类方式与美国、欧洲的统计方式相差很大，分类较粗，而且由于各区域、地方车辆管理方式不统一造成车辆登记数据缺失，因此在区域污染排放清单的建立中往往需要重新通过调查估算机动车种类及其分布，因此机动车的分类显得尤为重要，目前的主要困难是建立新的分类和传统分类之间的量化比例关系；
- 道路车队的车辆技术构成研究：如要获得区域道路车辆的时空分布特征（速度，车流，月、日、时），可能会涉及较大的调查工作量，对此暂时只建立框架结构，使用虚拟或“北京市机动车污染控制决策支持系统的研究与建立”项目中的第二课题的结果作为案例样板；
- 基于 GIS 的区域路网交通信息动态数据库数据的建立：按道路车速的空间变化特征对现有路网进行拆分，如将交通地理意义上的一条路，按其具有不同交通特征的路段分解成 n 个路段，对每个路段进行排放测算，并将结果回馈给路网交通信息动态数据库数据。
- 科学预测各种环境及交通管理手段（如强制淘汰欧Ⅳ排放标准机动车、限行特定种类车辆、增加公共交通服务、提高或降低车速限制等）的污染控制效果，给出量化的城市空气质量变化程度，并在矢量化的地图（GIS-Map）上显示，以此提供给政策制定者对可行的交通管理手段进行优化选择。
- 区域机动车污染动态显示系统：显示系统将分为四个部分：GIS 路网动态信息显示系统、道路机动车交通流信息采集系统、监测环境空气质量和环境气象数据的信息系统、区域机动车排放模型运行计算后的结果显示系统

## 第 2 章 机动车排放模型研究概述

### 2.1 机动车排放因子模型分类概述

机动车排放模型是辅助政府进行政策制订的重要工具，其主旨是为了掌握机动车污染排放的规律和特征，技术上通过建立机动车污染排放与其影响因素之间的数学关系或物理关系，向决策者提供科学有效的机动车污染控制措施。研究者根据机动车污染物排放的物理化学原理，借助各种测试手段，对影响机动车污染排放的主要因素进行判断和识别，并据此构建多种尺度的机动车排放模型，以模拟城市区域或者街道的污染物排放<sup>[8]</sup>。同时，用模型估算城市机动车排放因子及排放总量，也是机动车污染控制研究的一个重要方向。

目前，常用的机动车排放因子模型有 MOBILE、IVE、EMFAC、CMEM、COPERT 等。根据不同的分类原则，模型有很多种分类方法，如下：

(1) 根据对排放模型的研究尺度和模拟范围，即按照时空分辨率来分类，可将机动车排放模型分为宏观、中观和微观 3 种尺度<sup>[9-10]</sup>，如图 2-1 所示。宏观尺度排放模型，是指在地域范围上从城市、区域、国家等级进行研究，时间上以月、年为单位进行研究。比如，MOBILE、EMFAC 和 COPERT 等都是以宏观尺度来进行研究的；中观尺度排放模型，是指在地域范围上从街区、道路等级上进行研究，时间上以小时、日为单位进行研究，如 Georgia's Measure、NCSU's Model；微观尺度模型则以每个运行模态即以秒为单位对排放进行研究，例如 EMCM 模型。



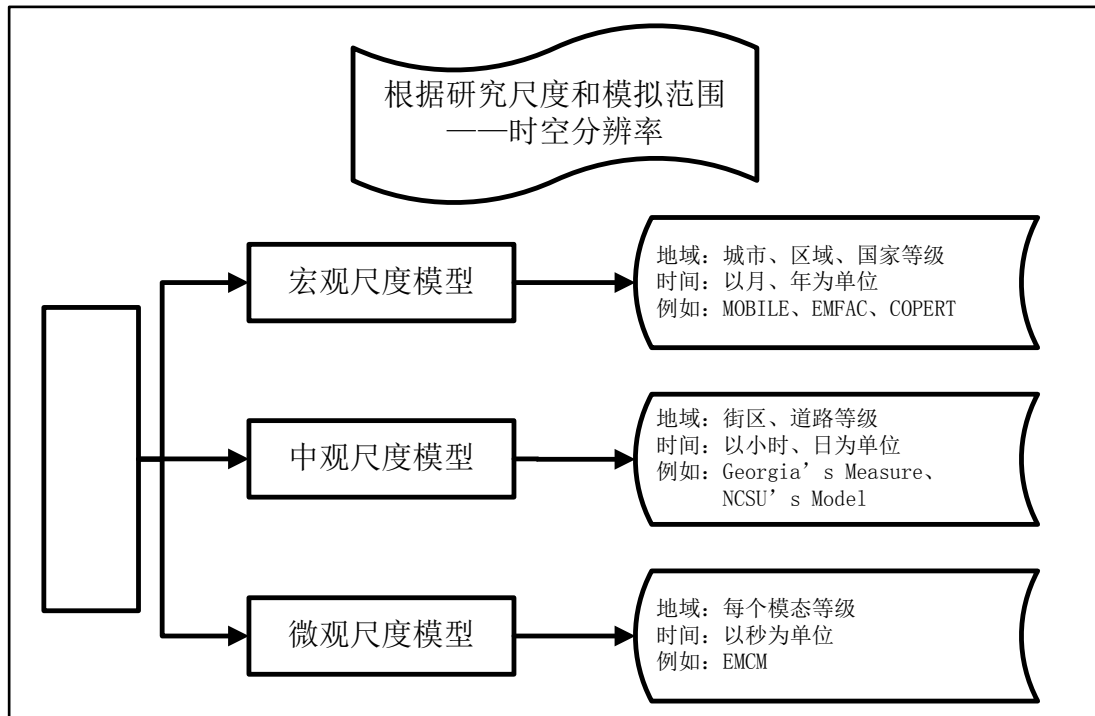


图 2-1 根据研究尺度和模拟范围的机动车排放模型分类方法

(2) 霍红等人<sup>[8]</sup>将机动车排放因子模型分成两大类：宏观模型和基于机动车行驶特征的模型，如图 2-2 所示。

宏观模型又分为：□基于平均速度的统计回归模型，如 MOBILE 和 EMFAC 模型；□基于燃油消耗的排放模型，如基于隧道测试或道路遥感建立的模型。

基于机动车行驶特征的模型又可以分为：□速度—加速度矩阵模型，这些以早期的工况模型为代表；□基于机动车比功率的模型，如 IVE 模型；□物理模型，如 CMEM 模型。

霍红等指出为了分析机动车的瞬态排放特征，目前的机动车排放模型研究正逐渐从宏观向微观发展，排放测试方法注重获取逐秒的排放数据，排放模型模拟的时间尺度和空间尺度逐步趋向微观。此外，机动车模型研究正趋向与交通模型进行耦合，从而揭示机动车在实际道路交通流中的排放特征。

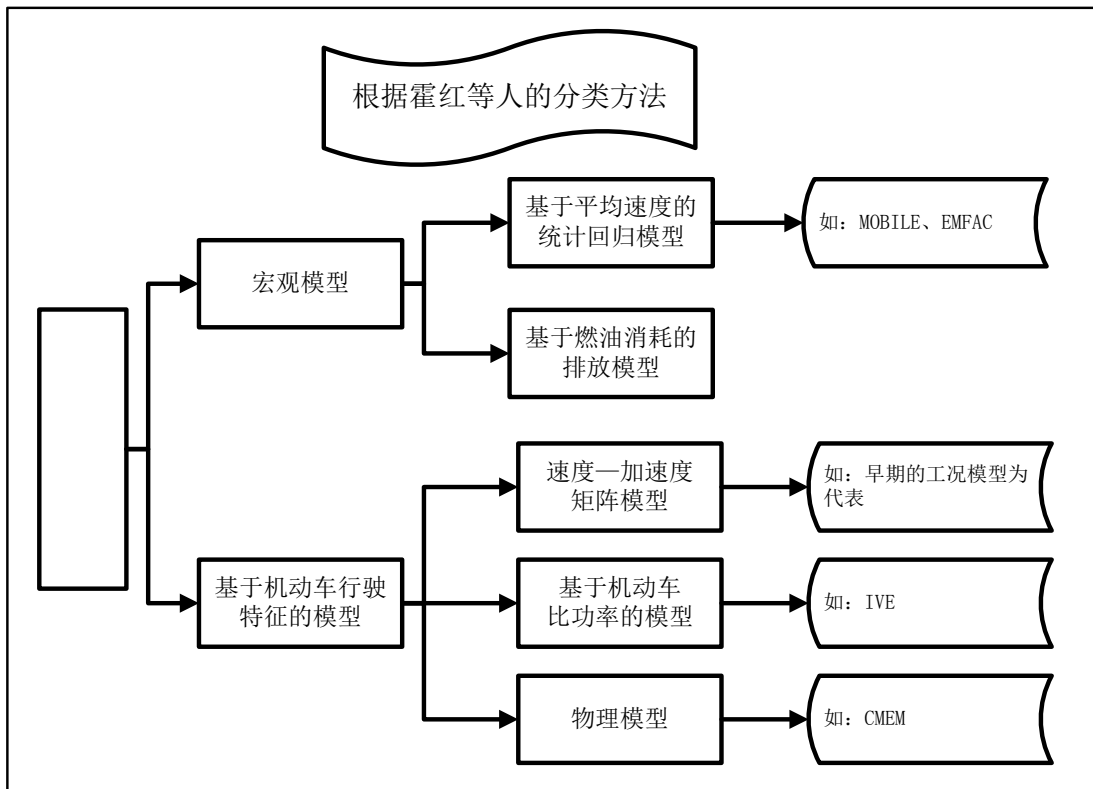


图 2-2 根据霍红等人的机动车排放模型分类方法

(3) 根据模拟方法的不同，将机动车排放模型分为平均速度类模型和行驶工况类模型<sup>[11]</sup>，如图 2-3 所示。

平均速度类模型主要以 MOBILE、EMFAC、COPERT、IVE 等模型为代表，这类模型以平均速度为污染物表征参数，通过修正后的排放因子乘以行驶里程得到污染物的排放总量，都是建立在数学关系基础上的模型，适用于宏观和中观尺度。

行驶工况类模型，是建立在机动车瞬时的行驶状态上，通过某一测试工况即时的速度、加速度等参数计算中观或微观的每秒污染物的排放和油耗。例如 IMPAECT、VT-MICRO、MOVES 等。



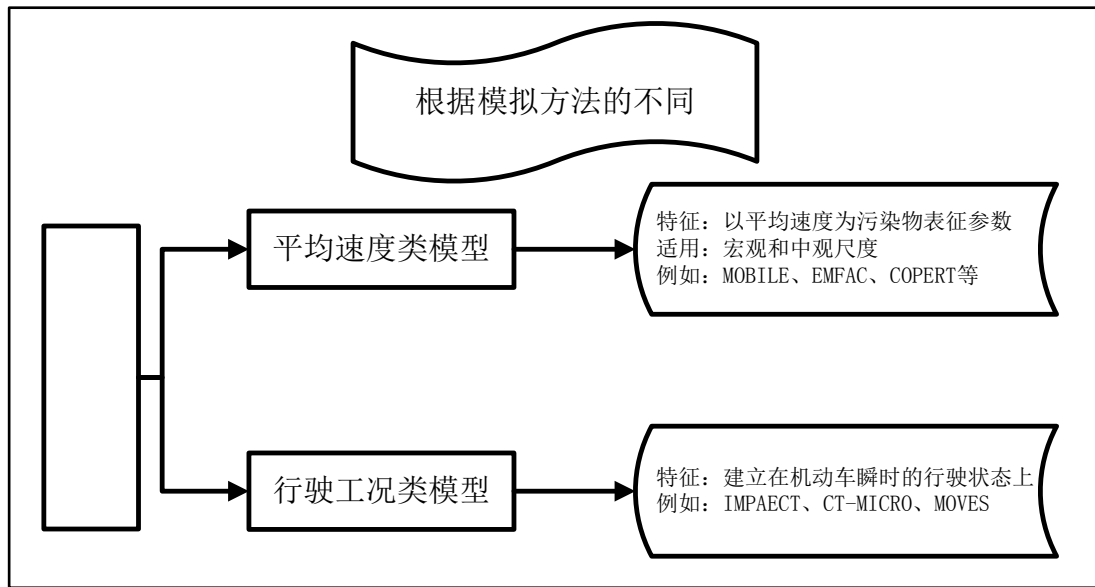


图 2-3 根据模拟方法的机动车排放模型分类方法

(4) 根据污染物和参数之间的关系，机动车排放模型又可分为数学关系模型和物理关系模型。

数学关系类模型根据逐秒的测试数据通过不同的回归方法和代用参数建立参数与污染排放的瞬时关系，如：速度—加速度矩阵、VT-MICRO 的速度和加速度、IMPAECT 的发动机牵引力、MOVES 的机动车比功率（VSP）等等。

物理关系模型主要是建立发动机瞬时排放量，例如 CMEM 模型。

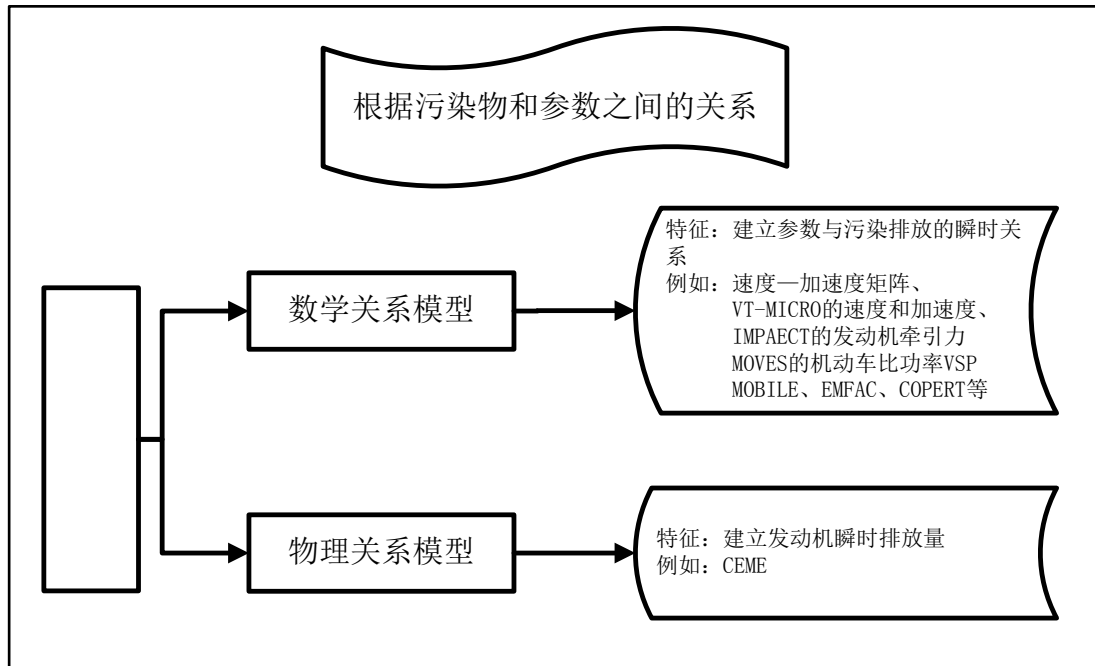


图 2-4 根据污染物和参数之间关系的机动车排放模型分类方法

## 2.2 国外机动车排放模型研究介绍

### 2.2.1 美国 MOBILE 模型

MOBILE 模型由美国国家环境保护局（U.S. Environmental Protection Agency, 简称 EPA 或 USEPA）开发，主要用于评估当前和将来机动车排放因子。MOBILE6.2 模型的计算思路是：首先通过测试获得单车的基本排放因子（Base Emission Rate, BER），基本排放因子来源于联邦测试程序 FTP（Federal Test Procedure）及其补充程序 SFTP，采用 SFTP 的目的是修正司机开车行为，快速的车速波动，空调使用等情况。基本排放因子在特定的温度、燃油蒸汽压，一定的劣化率及特定的测试流程下展开。在获得基本排放因子的基础上，根据实际条件下影响排放的因素同标准工况下的差异对基本排放因子进行修正，最终得到实际运行状况下的排放因子。由于模型考虑了环境参数、车队特征、活动强度、油品、国家的政策、国家的法律、法规和措施等多方面的影响因素，因此它的结果具有比较好的代表性，与实际的测量结果比较接近。同时由于其技术方法的科学性、结果的合理性及良好的可移植性，在全世界得到了广泛的应用<sup>[12-13]</sup>。

(1) MOBILE 系列模型的发展：MOBILE 模型从 1978 年 EPA 发布 1.0 版本以来，一直处于不断被开发和发展的过程中，当前最新版本为 2002 年推出的 6.2 版本，各版本的发布时间和主要功能特点见表 2-1。MOBILE 模型系列是在多年来对大量车辆测试数据的基础上进行分析回归得到计算机动车各类污染物排放系数的经验公式而开发的模型。MOBILE6.2 是经过多年的修正而得的最新版本。MOBILE6 软件用以估算汽油、柴油车，以及可能取而代之的新型天然气燃料车和电动车的排放因子，如 HC、CO、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、HAPs、CO<sub>2</sub>、尾气中的颗粒物（由几部分组成），轮胎磨损颗粒物和刹车磨损颗粒物。MOBILE6 用以计算美国不同海拔地区的 28 种车型的排放因子。排放因子的估算受到多种因素的影响，如环境温度、行驶速度、行驶状况、油品和里程分布等、一些影响机动车排放的变量，用户在使用时可以根据实际情况特别指定。MOBILE6 可以计算 1952-2050 年的任意排放因子，在计算某一年的排放因子时，需要近 25 年的车辆相关数据。

表 2-1 MOBILE 模型的发展史

发布年	版本	说明
1978	MOBILE1	针对公路机动车排放因子开发的第一个模型，可以计算 1970-1999 年的 6 种车型的 CO、HC、NO <sub>2</sub> 的排放因子
1981	MOBILE2	给用户提供了输入选择控制，更新了里程的数据
1984	MOBILE3	更新数据，增加了损害和抗损害计划效益；对非排气管排放的在用排放因子的估算是通过雷氏蒸汽压（RVP）测得的“实际”燃料挥发性进行校正
1989	MOBILE4	增加了运行损失，作为以汽油为动力的机动车的直接排放源；对废气排放速率的燃料挥发性（RVP）影响进行模型化，第一次将运行产生的挥发性排放引入模型
1991	MOBILE4.1	增加了特征参数诸如加氧汽油对排放的影响、停车挥发排放、Tier1 及 Cold CO 标准对排放的影响，允许用户控制更多影响排放因子水平的因素，包括更多的 I/M 制度设计等
1993	MOBILE5	新的在用车数据更新，包括新的基本排放速率为基础的方程、新的蒸发排放测试程序、低排放机动车（LEV）程序模式在交通范围以外，对应用于模型排放因子的速度校正进行修正
1993	MOBILE5a	修正了某些特征工况下的一些小错误

发布年	版本	说明
1996	MOBILE5b	更新了新法规颁布所产生的影响，恢复怠速排放因子计算，提高了I/M制度模型化弹性，扩大计算年份范围
2001	MOBILE6	考虑了机动车的工况和司机的行为，将机动车的分类扩展到28种，考虑了新的法规所产生的影响，油品参数、机动车测试参数、环境参数等均有增加
2002	MOBILE6.1	增加了PM排放因子的计算，引入相应的控制命令；增加了CO <sub>2</sub> 排放因子的计算
2002	MOBILE6.2	增加了HAPs排放因子的计算，是MOBILE系列最新官方颁布版本

(2) MOBILE 系列模型的应用：MOBILE6 应用程序可以用来计算和预测道路机动车污染物的排放因子。MOBILE6.1/6.2 为 MOBILE6 的扩展版本，加入了计算机动车尾气中的颗粒物及其相关污染物、有毒污染物、CO<sub>2</sub> 等新功能。美国 EPA 使用 MOBILE 模型评估了公路移动源控制策略；其国家、地方和区域所属的规划机构使用其制定污染物排放清单，以及为《清洁空气法》服务的控制策略；美国国家交通部门使用 MOBILE 模型修正运输计划，进行可行性分析；研究人员和相关行业专家采用 MOBILE 指导科学研究以及环境影响报告书的制定。

我国研究人员也使用 MOBILE 模型，结合中国实际情况对模型进行修正，开展了大量研究工作。毕晔等<sup>[12]</sup>使用 MOBILE6.2 进行了北京市出租车污染排放分析的研究，结果显示北京市出租车 2005 年更换部分旧车以后，相对于 2000 年，排放污染物随更换车型大大下降。HC 排放物的总量下降了 1779.4t，CO 排放物的总量下降了 13304.3t，NO<sub>x</sub> 的排放物的总量下降 684.4t；2008 年完成出租车全部更换后，相对于 2000 年，HC 排放物的总量下降 3097.9t，CO 排放物的总量下降 17483.5t，NO<sub>x</sub> 排放物的总量下降了 1211.8t。李冬梅等<sup>[14]</sup>使用 MOBILE 模型对盘锦冬季城区机动车污染物排放进行了计算模拟，结果显示，不同车型的机动车其单车排放因子随着车速的增加而呈不同趋势的变化，HC 和 CO 逐渐降低，而 NO<sub>x</sub> 随车型的变化而变化。刘恩栋<sup>[15]</sup>采用 MOBILE 结合武汉市机动车实际情况，计算了 2005 年武汉市机动车的排放因子，结果表明，武汉地区机动车污染物的排放水平较高，同发达国家相应的排放年水平有较大的差距，这是同我国现行机动车排放控制水平相一致的。林秀丽等<sup>[16]</sup>使用 MOBILE6.2 研究了

车队特征和平均速度对机动车排放的影响，可作为我们理论研究的思路和计算的理论依据。结果显示，机动车行驶里程对 CO 排放影响最明显；年均行驶里程随车龄的增加而减少，表明机动车的使用频率随车龄而减小，平均速度较慢或较快都显著影响机动车污染物的排放。

由模型计算得到的排放因子需要进行验证分析，王文等<sup>[17]</sup>进行了中巴车排放因子实测值和 MOBILE 模型计算值的对比分析。排放因子实测值利用车载尾气检测系统对在实际道路上行驶的中巴车辆进行测试获得。结果显示使用 MOBILE6.2 模型计算得到的各污染物排放因子均比实测排放因子要低。其中，HC 和 NO<sub>x</sub> 的实测值分别约为预测值的 5 倍和 3 倍，这是因为当前我国机动车排放控制水平较低，基本上是美国 20 世纪 70 年代中期的水平，这样导致按照美国排放控制水平计算的新车排放因子会远远小于我国新车的实际排放因子。此外，由于美国实施了较为严格的 I/M 制度，因而美国在用车的车况均好于我国在用车的车况。万涛等<sup>[18]</sup>利用 OEM 对实际道路上不同捷达车的实时尾气排放进行测量，得到周期为 10d 的测试车辆每秒尾气排放数据，计算得到了平均尾气排放因子。同时采用 MOBILE6.2 模型对捷达车排放因子进行模拟计算，并将结果与实测值进行对比分析，结果表明：除了 CO 值比实测值高外，NO<sub>x</sub> 和 HC 的预测值与实测值都比较吻合；捷达车的排放控制比一般轻型车要好，特别在 CO 排放控制方面。可见，在 MOBILE 模型运用中，对于车型、在用车辆尾气排放控制水平等因素需要认真考虑。

(3) MOBILE 模型的计算原理和方法：MOBILE 模型的计算思路是采用美国测试程序 FTP 循环工况首先测试单车的基本排放因子 BEF，并根据平均速度、机动车里程分布、机动车登记分布、温度、I/M 计划、冷热启动比例、燃油、车型比例等因素对排放影响的测试结果，修正基本排放因子得到实际条件下各车型车辆的计算排放因子和所有车辆的综合排放因子。

在一定的测试条件下，机动车的基本排放因子与其行驶里程呈线性关系：要得到某类机动车的平均基本排放因子，需要综合考虑不同行驶里程机动车的排放因子权重<sup>[16]</sup>。

对每一类机动车，其基本的计算公式可以总结为下面公式 (2-1) ~ (2-3)：首先是对基本排放因子的修正，

$$EFM=BEF+DR\times VMT \quad (2-1)$$

式中：EFM——对应于累计行驶里程下的排放因子，g/km；

BEF——基本排放因子，即以新车申报的零千米里程机动车的排放因子，

g/km;

DR (Deterioration Rate) ——劣化系数, (g/km) /10<sup>4</sup>km;

VMT——累计行驶里程, km。

具体计算时, 以不同车龄机动车保有量得到机动车的登记分布比例, 作为基本排放因子的权重系数进行修正, 从而得到平均基本排放因子, 见式 (2-2):

$$EFM_{\text{average}} = \sum (EFM \times REG) \quad (2-2)$$

式中:  $EFM_{\text{average}}$ ——平均基本排放因子;

REG——机动车登记分布比例。

计算出平均基本排放因子后, 考虑各种影响因素进行修正, 得到综合排放因子 EF, 见式 (2-3):

$$EF = (EFM_{\text{average}} - C_M) \times C_S \times C_A \times C_L \times C_V \times C_O \times C_H \quad (2-3)$$

式中: EF——实际的排放因子;

$C_S$ ——平均速度的修正系数;

$C_A$ ——空调负荷修正系数;

$C_L$ ——机动车负载修正系数;

$C_V$ ——拖车修正系数;

$C_H$ ——湿度修正系数;

$C_O$ ——车用燃油修正系数;

$C_M$ ——机动车检修保养减少的排放。

从上面 3 个公式可以看到 MOBILE 模型的计算流程, 对于特定地区, 将当地的机动车行驶工况、行驶里程分布以及其他因素 (如气象条件、燃料使用) 等数据按照给定格式输入到 MOBILE6.2 模式中, 运行计算模式, 可以得到某一年的排放结果。对不同类型的车辆分别考虑车速、环境参数、油品参数、维护保养状况等各种因素对气态污染物排放的影响, 最终计算出它们的综合排放水平。图 2-5 给出了使用 MOBILE 进行西安市排放因子计算实例的技术流程。

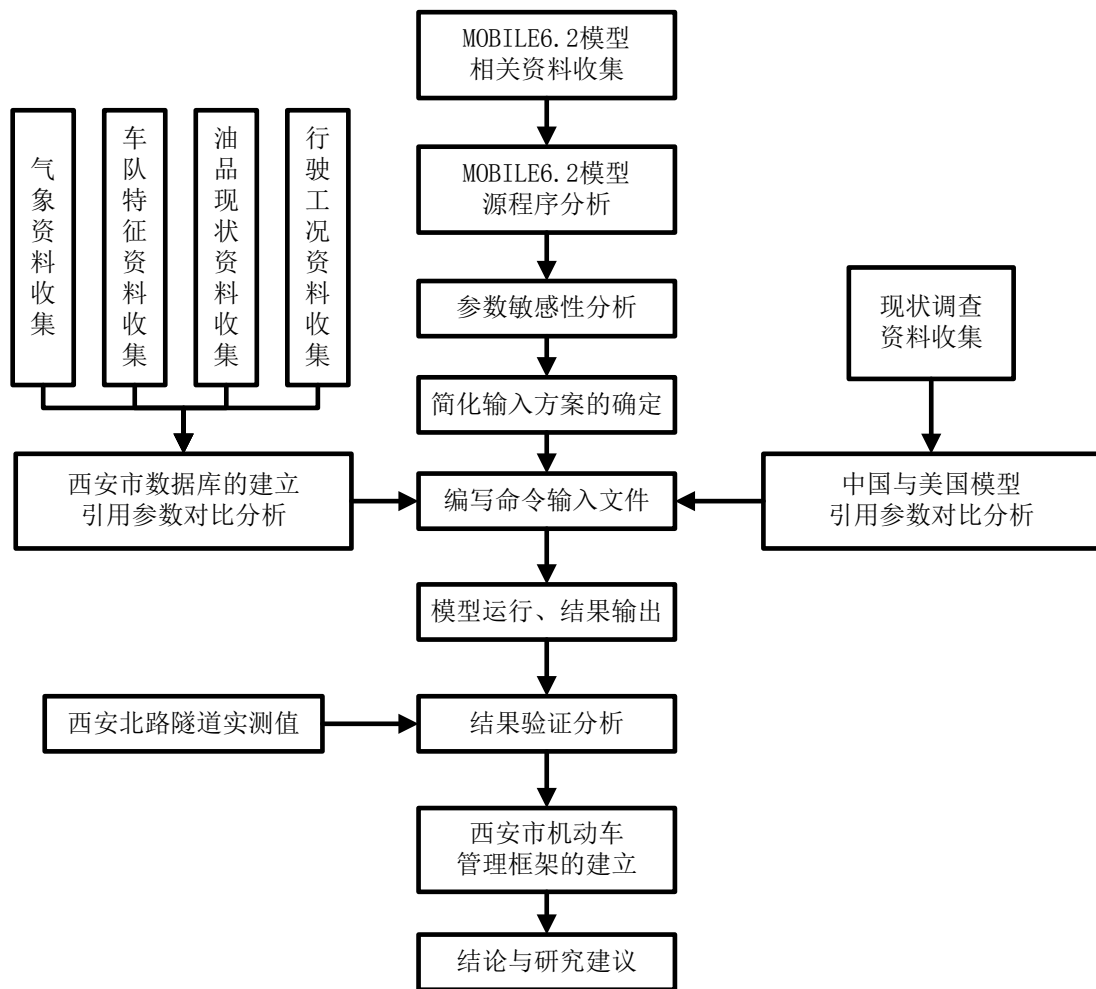


图 2-5 使用 MOBILE 计算西安市机动车排放因子的技术流程示例

(4) MOBILE6.2 模型的组成：MOBILE6.2 模型的使用中，涉及 8 类共 74 个能够影响排放因子的命令，由于中、美机动车排放控制手段、控制法规的差异，在模型本土化应用时，收集全部的数据是不现实的。通过模型的敏感性分析，能够把握各个命令在模拟排放因子时的影响程度，进而重点分析对排放因子有重大影响的命令，而利用模型的默认值可代替一些轻微影响的因子。张承中等<sup>[19]</sup>结合我国北方城市机动车污染控制现状，对 MOBILE 模型进行修正，并进行了敏感性分析，共筛选出 32 个重点敏感性命令，依据所筛选的命令，建立了机动车排放因子的简化模型，对西安市 2005 年机动车排放因子进行模拟，经验证该模型计算结果与公路隧道测试法得出结果相近。

MOBILE6.2 输入文件有 10 类共 109 个命令，包括命令文件、批处理文件和外部数据文件。命令文件提供程序控制信息及计算排放因子方案项的相关信息，其中控制计算排放因子的命令有 7 类共 74 个，模型中诸多命令都有默认值。



## 2.2.2 美国 EMFAC 模型

EMFAC 模型是美国加州的宏观尾气排放因子模型。模型的参数来源也是美国环保局组织的各种不同的在用车排放水平检测结果，以及联邦测试程序中测得的排放结果。模型可以计算 1970-2040 年间 HC、CO、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>、PM 的排放量<sup>[20]</sup>。

### (1) EMFAC 模型的算法原理

采用和 MOBILE 模型相同的算法原理，内容详见 2.2.1。

### (2) EMFAC 模型的特点

与其它模型不同的是，EMFAC 模型有以下 3 种不同的尾气排放量计算模式：

**Burden 模式：**用来计算某一具体区域内的排放总量。Burden 模式通过修正后的排放因子（经外界参数和速度参数修正）和车辆行驶参数计算每天的排放总量。

**Emfac 模式：**排放因子因地理位置、年月、季节的变化而改变。

**Calimfac 模式：**Calimfac 模式使用和 Burden、Emfac 模式相同的排放数据，计算从 1965 年到任意年间的每一种车型的基本排放因子，评价不同 I/M 实施登记、不同技术因素情况下的排放因子。

## 2.2.3 美国 IVE 模型

加州大学河畔分校工程学院环境研究与技术中心（CE-CERT）、全球可持续体系研究组织（GSSR）和国际可持续研究中心（ISSRC）在美国环境保护局的资助下，共同开发了便于发展中国家进行本地化处理的机动车排放模型——IVE 模型（International Vehicle Emission Model）<sup>[21]</sup>。该模型引入了机动车比功率（Vehicle Specific Power, VSP）这一综合参数，并按照不同的值把 VSP 分成 60 个状态（Bin），每个 Bin 采用不同的修正因子分别进行计算，其预测准确性和可靠性大大提高，因而适合在不同地区环境下应用，尤其便于发展中国家进行本土化处理。该模型基于机动车行驶工况，具有较高的分辨率，其对车型的分类更适于发展中国家。

针对 IVE 模型在世界主要发展中国家的应用，国内外相关研究者已经使用 IVE 模型开展了大量研究工作，已有一些城市汽车活动特征报告和在用车型污染排放的研究报告发布在了 International Vehicle Emission Model 网站上<sup>[22]</sup>，可供下载研究使用。汽车的活动特征报告可供下载的案例包括对中国北京和上海、哈



萨克斯坦阿拉木图、秘鲁利马、墨西哥新墨西哥城、肯尼亚内罗毕城、肯尼亚奈落比、印度浦那、巴西圣保罗、智利圣地亚哥等城市的研究。与污染排放情况相关的研究案例，包括对墨西哥新墨西哥城、巴西圣保罗、肯尼亚奈落比在用汽油车的排放的研究，对中国北京、土耳其伊斯坦布尔、巴西圣保罗、墨西哥新墨西哥城等城市柴油车排放的研究。

另外，叶身斌等<sup>[9]</sup>使用 IVE 模型，结合对天津市机动车的类型分布、技术分布、启动状况和行驶状况等实地调查和测试，对天津市机动车污染物的排放特征进行了研究，相关技术流程见图 2-6。结果表明，公交车的平均排放因子显著高于轿车、出租车和卡车 3 种车型。对于 CO 和 VOC 排放，轿车和出租车是控制重点。对于 NO<sub>x</sub> 和 PM<sub>10</sub>，公交车和卡车是主要控制对象。计算得到天津 CO、VOC、NO<sub>x</sub> 和 PM<sub>10</sub> 的日排放总量分别为 603.5t/d、62.5t/d、164.2t/d 和 64.0t/d。天津 PM<sub>10</sub> 的日排放总量显著高于京沪两地，前者分别是后两者的 25.6 倍和 17.8 倍，因此天津的机动车污染物控制应以 PM<sub>10</sub> 为首要控制对象。

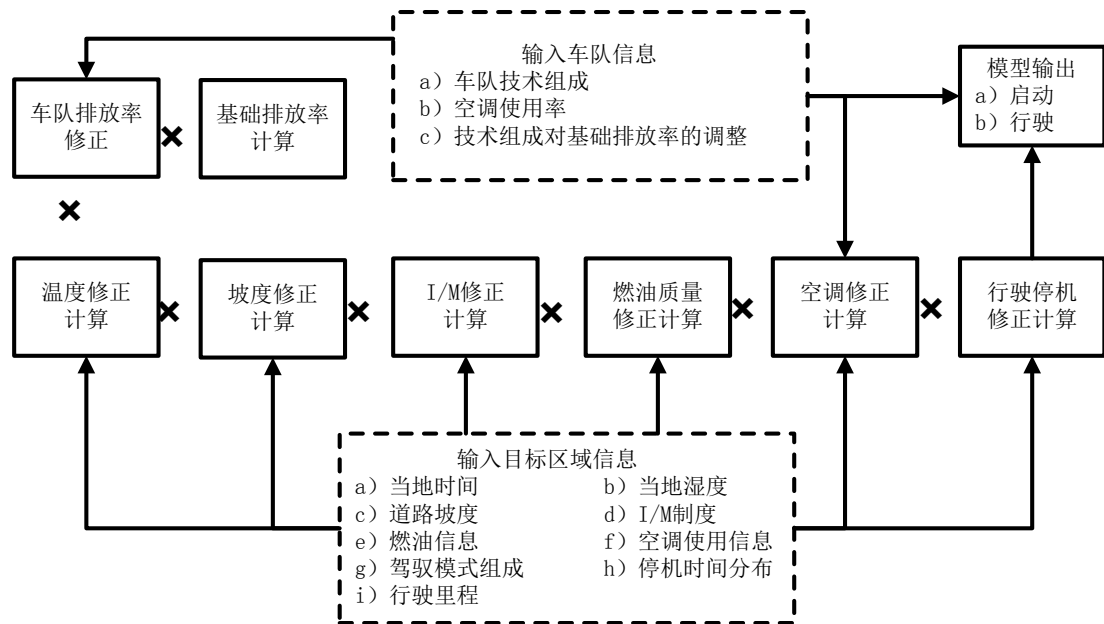


图 2-6 使用 IVE 计算天津市机动车排放因子的技术流程示例

(1) IVE 模型基本输入参数：要将 IVE 模型本地化，必须输入以下基本参数：车辆技术水平参数、机动车 VSP 分布状况参数和机动车启动分布状况参数等。

● 车辆技术水平参数

包括机动车的空燃比控制技术参数、发动机排量、尾气控制技术类型、燃料类型和车龄状况，它是影响机动车排放的重要因素<sup>[21]</sup>，也是 IVE 模型的主要输入参数。IVE 模型依据车型、燃料、发动机大小、行驶里程、蒸发控制和尾气净化技术等将发展中国家的机动车技术水平参数细分成 1372 种，还有 45 种可供用户自己定义。

● 机动车 VSP 分布状况

即车辆行驶工况对污染物排放的影响很大。因此，其在各种排放模型中都是必不可少的组成部分。以往的机动车排放模型，一般通过速度或加速度与排放量的关系来校正运行工况对排放量的影响。但是，有研究表明车辆 VSP 能够更真实地反映车辆运行工况与污染物排放量之间的关系。因此，在 IVE 模型中引入车辆 VSP，并用它对机动车基本排放因子进行修正。VSP 的数学表达如公式 (2-4) 所示：

$$VSP=v \times [1.1a+9.81 \times (\text{atan}(\text{sinaG})) + 0.132] + 0.000302v^3 \quad (2-4)$$

式中：VSP 为车辆比功率，KW·t<sup>-1</sup>；v 表示速度，m·s<sup>-1</sup>；a 表示加速度，m·s<sup>-2</sup>；G 表示道路坡度。IVE 模型将机动车所有的 VSP 分成 20 个区间 (VSP Bin)，VSP 每增加 4KW·t<sup>-1</sup> 为一个区间。每个区间对应着不同的修正因子，对机动车的基本排放因子进行修正。

● 机动车启动状况

是指机动车的启动次数以及相邻两次启动之间的时间间隔等。由于机动车启动时某些污染物排放量要远高于运行状态时的排放量。因此，在将 IVE 模型本地化时需要对当地的机动车启动状况进行调查和分析，才能更准确地计算机动车启动阶段的污染物排放量。

● 其它输入参数

其它影响机动车污染物排放的因素包括油品质量、检查和维护 (I/M) 状况、环境温度、海拔和空调使用率 (>27℃时) 等，也需作为基本参数输入模型。

(2) 模型计算原理

IVE 模型所使用的机动车排放因子可由公式 (2-5) 计算：

$$F_i = B_i \times T_i \times V_i \times O_i \quad (2-5)$$

式中，F<sub>i</sub> 表示实际排放因子，g·km<sup>-1</sup> (运行阶段) 或 g (启动阶段)；B<sub>i</sub> 表示基本排放因子，g·km<sup>-1</sup> (运行阶段) 或 g (启动阶段)；T<sub>i</sub> 表示技术水平参数

修正因子； $V_i$  表示 VSP 分布状况修正因子； $O_i$  表示其它的修正因子，主要包括地方环境、燃油质量等； $i$  表示机动车技术水平。

获得实际排放因子  $F_i$  后便可对机动车污染物排放量进行计算。IVE 模型将机动车启动排放和运行排放分开进行计算，如式 (2-6)、式 (2-7) 所示：

$$Q_{\text{running}} = U/\Delta\text{FTP} \times D/U/\Delta C \times \sum_i \{f_i \times F_i \times \sum_d [f_{di} \times K_{di}]\} \quad (2-6)$$

$$Q_{\text{start}} = \sum_i \{f_i \times F_i \times \sum_d [f_{di} \times K_{di}]\} \quad (2-7)$$

式中， $Q_{\text{running}}$  和  $Q_{\text{start}}$  分别表示机动车在运行阶段和启动阶段的污染物排放量， $g$ ； $U/\Delta\text{FTP}$  表示 LA4 工况（包括 Federal test procedure(FTP)-75 工况中的 Bag2 和 Bag3（不包括启动过程）工况）下的平均速度， $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ； $f_i$  表示机动车出行比例或者启动状态所占比例； $f_{di}$  表示机动车的不同行驶或怠速工况占其总的行驶或怠速工况的比例； $K_{di}$  为机动车行驶或怠速阶段的修正因子。

公式 (2-5)、(2-6)、(2-7) 中  $f_i$ 、 $f_{di}$ 、 $D$ 、 $U/\Delta C$  可通过调查和测试获得； $U/\Delta\text{FTP}$  是定值； $B_i$  由 IVE 模型给出，每种车辆在不同行驶状态下的基本排放因子通过美国联邦测试程序 (FTP) 获得；IVE 模型根据实测得到的车辆技术水平、VSP 分布状况和启动分布状况等参数，去顶  $B_i$ 、 $T_i$ 、 $V_i$ 、 $Q_i$ 、 $K_{di}$  等修正因子。

## 2.2.4 美国 CMEM 模型

CMEM 是在美国国家合作公路研究项目 (NCHRP) 的资助下，由美国加州大学 Riverside 分校和密歇根大学于 1994—1998 年主持开发的。该模型通过车辆行驶工况和发动机运行状况参数模拟机动车逐秒的排放，然后将任意一段工况内各秒排放叠加而得到这段工况的排放<sup>[23]</sup>。CMEM 模型将机动车排放过程分解为不同的模块，分别用于模拟机动车在行驶过程中与排放相关的物理参数变化，再根据车辆的运行状况，利用各模块的解析式计算出来。模型由 6 个主要模块构成：□ 发动机功率；□ 发动机转速；□ 空燃比；□ 燃料消耗率；□ 发动机排放；□ 催化剂通过分数。其中，空燃比和催化剂通过分数模块为汽油车专用。图 2-7 为 CMEM 的主要模型结构。

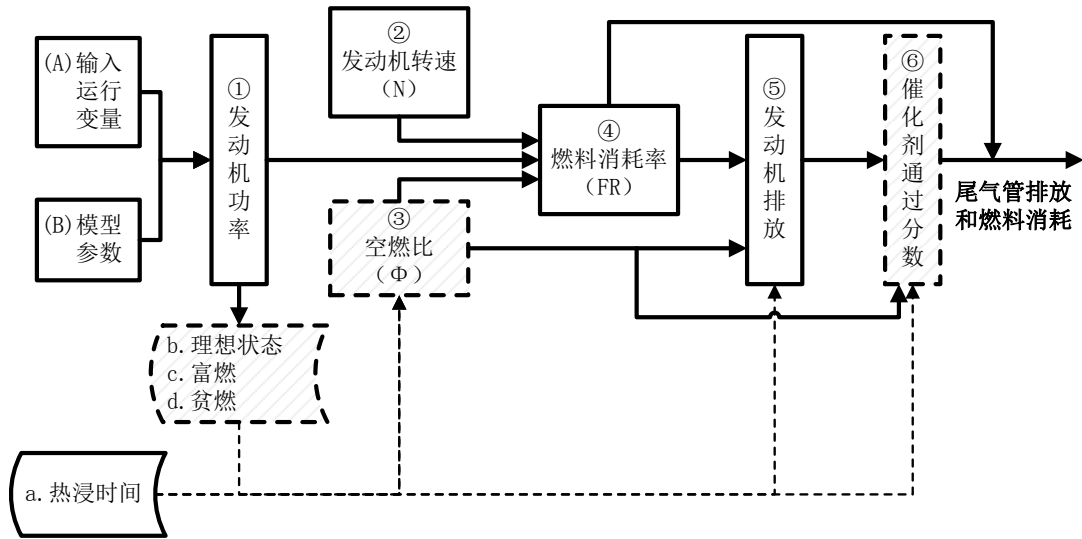


图 2-7 CMEM 模型结构<sup>[24]</sup>

何春玉<sup>[25]</sup>以北京、上海、成都、吉林、长春 5 大城市为研究对象，选择了具有代表性的 29 辆轻型机动车，在各城市市区内选定的行车路线上收集了大量的瞬时工况数据以及测试车辆的技术参数数据，通过 CMEM 计算了 5 大城市 29 辆轻型机动车的排放因子以及不同类别车型的综合排放因子。同时用一套车载测试系统计算出这 29 辆轻型机动车的实际排放因子。通过分析模块与实测结果，得到了一些关于 CMEM 模型在中国适用性的结论以及各城市不同车型在不同行驶模型下的排放特征。同时，何春玉<sup>[26]</sup>以 9 辆代表北京市典型技术类型的情形机动车为实验车辆，计算得到了在不同交通行驶状况下北京市 4 类典型轻型机动车的 CO<sub>2</sub>、CO、HC、NO<sub>x</sub> 单车排放因子及各车型综合排放因子，通过与同一车辆的道路实测排放因子比较发现，用 CMEM 模型计算的 CO、HC 和 NO<sub>x</sub> 于实测排放因子及排放特征有较好的一致性。徐成伟<sup>[27]</sup>运用 GPS 和 OEM 收集了武汉市主要道路上的车辆行驶与实时排放数据。得到了武汉市机动车平均排放因子。根据车辆参数信息和行驶信息，运用 CMEM 模型模拟了武汉市机动车微观尾气模型，并与实测数据进行了对比。数据分析表明，用 CMEM 模型计算的武汉市机动车实时排放数据与实测数据总体趋势是一致的。

黄成等<sup>[24]</sup>采用 CMEM 模型计算了车辆的实际道路上的瞬时排放结果，并根据实测数据对模拟结果进行了验证。测试车辆的 CO、THC、NO<sub>x</sub> 和 CO<sub>2</sub> 排放因子为 0.81g/km、0.61g/km、2.09g/km 和 193g/km，相同线路模拟所得的排放因子分别为 0.75g/km、0.47g/km、2.47g/km 和 212g/km，相关系数分别达到 0.69、0.69、

0.75 和 0.72。通过模拟发现，轻型柴油车在实际道路微观区域内的排放水平随交通条件和行驶状态波动明显，采用 CMEM 模型能够较好地反映该类车排放随行驶工况的瞬时变化趋势。应用 CMEM 模拟发现，改善典型交叉口区域的交通条件后，轻型柴油车在模拟区域内的 CO、THC、NO<sub>x</sub> 和 CO<sub>2</sub> 排放量分别消减了 50%、47%、45%和 44%，效果显著。从研究结果来看，利用微观尺度模型来分析混合车流在一些典型交通区域的瞬时排放变化是必要的，也是可行的。

### 2.2.5 美国 MOVES 模型

美国环保局的研究人员已经在 MOBILE6 与 NONROAD 模型的基础上开发了新一代机动车排放模型——MOVES (Motor Vehicle Emission Simulator)。MOVES 模型就建立在大量的便携式尾气检测系统测试的道路实测数据上，模拟范围跨越微观、中观和宏观层面、MOVES 模型不仅仅是一个计算软件，还融合了一些用于数据分析的工具、算法等。具体的 MOVES 模型结构框架如图 2-8 所示：

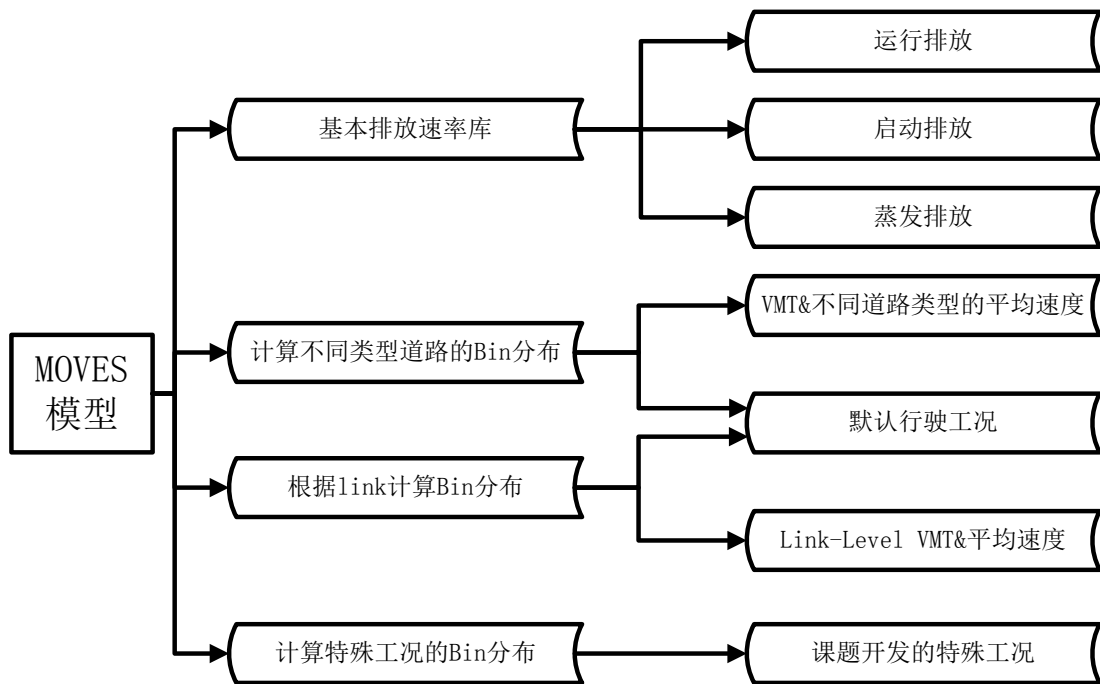


图 2-8 MOVES 排放因子模型框架

### 2.2.6 欧洲 COPERT 模型

COPERT 模型起源于欧洲委员会(EU)开展的机动车排放因子研究，由欧洲环保署 (EEA, European Environment Agency) 资助开发，第一个版本诞生于 1989 年，经多年完善，于 2007 年进一步开发得到目前最新版本 COPERT □ 模型。该模型采用了大量可靠的实验数据，可兼容不同国家标准和参数变量，为欧洲国家所广泛应用。与 MOBILE 模型相比，COPERT 模型更适用于有着不同尾气排放标准和很少交通数据资料的国家。另外，COPERT 模型能够计算机动车年排放量，可以用于开发高时空分辨率的机动车排放数据库。

由于 COPERT 模型来自与我国相近发动机技术的欧洲，并能兼容我国目前和未来一段时间内的机动车排放控制标准，另外该模型所需要的参数较 MOBILE 模型少，而且容易获得，便于推广使用，可计算不同地区不同道路多种行驶工况下的各种机动车的排放因子，因此在我国也有很广泛的应用。谢绍东等<sup>[28]</sup>根据中国机动车实际构成、行驶工况和燃油特征应用 COPERT□ 模型计算得到了 2002 年中国机动车排放 CO、NO<sub>x</sub>、NMVOC 和 PM 的排放因子，通过与 MOBILE 模式和台架测试得到的中国机动车排放因子进行比较，发现应用 COPERT□ 模型计算得到的 CO、NO<sub>x</sub> 和 NMVOC 排放因子更接近中国机动车实际排放情况。

COPERT 模型排放因子包括热排放、冷启动排放和蒸发排放，都是基于机动车平均速度的函数，可以计算单车或者车队一年中的污染物排放量，其模型结构如图 2-9 所示。模型的测试工况为 ECE15+EUDC 及 41 个基于实际道路的工况循环。模型根据车型、排放标准及燃料的不同对机动车进行分类：乘用车、轻型货车、重型货车、城市公交车及长途客车、两轮车等。

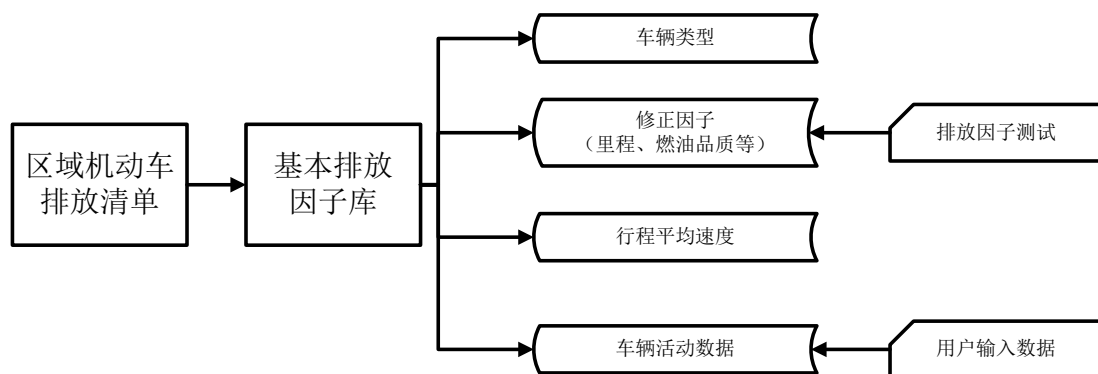


图 2-9 COPERT□ 模型框架流程图



## 2.3 国内机动车排放模型研究介绍

### 2.3.1 中国机动车排放模型 CVEM

#### (1) 开发背景

2006 年，环保部机动车排污监控中心承担了全国第一次污染源普查任务中的机动车污染源排放系数测算工作，在调研国外典型排放因子模型的基础上，根据实测的中国典型机动车排放数据和使用需求，确定了构建中国机动车排放因子模型的技术路线，在实验获得基本排放因子和修正因子的基础上，基于微软公司的 Microsoft .NET Framework 软件开发了中国机动车排放模型（Chinese Vehicle Emission Model，简称 CVEM）。

#### (2) 目标

- 评估和预测中国机动车污染物排放状况（1980—2030）；
- 提供省、自治区和城市尺度的机动车排放清单计算功能。

#### (3) 开发进展情况

- 数据收集（2006—2007 年）；
- 计算方法和模型的开发（2007—2008 年）；
- 模型测试与清单准备（2008—2009 年）；
- 全国“十二五”机动车总量减排核算（2010—2015 年）。

#### (4) 模型开发思路

CVEM 宏观模型的开发思路是首先建立不同类型车型的基本排放因子数据库；然后通过大量实验获得各种修正系数，建立修正因子数据库；最后建立机动车道路工况信息数据库，基于以上 3 个模块，得到机动车的综合排放因子，进一步考虑到机动车保有量和年均行驶里程等相关信息，就能够得到各种定义下的机动车污染物排放清单。

基于上述思路，即基本排放因子加修正因子，对中国机动车排放因子模型进行了总体设计。在总体设计思路指导下，按照机动车排放控制技术演进过程，逐步测试排放数据，积累完善数据，不断辨识模型参数，最终目标是建立系统的排放因子模型。图 2-10 给出了排放因子模型的体系结构，图 2-11 给出了综合排放因子测算的流程图。

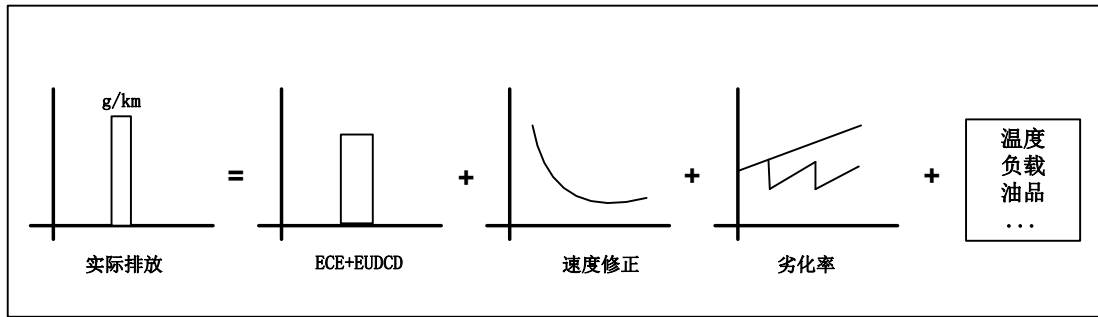


图 2-10 CVEM 排放因子模型的体系结构和参数

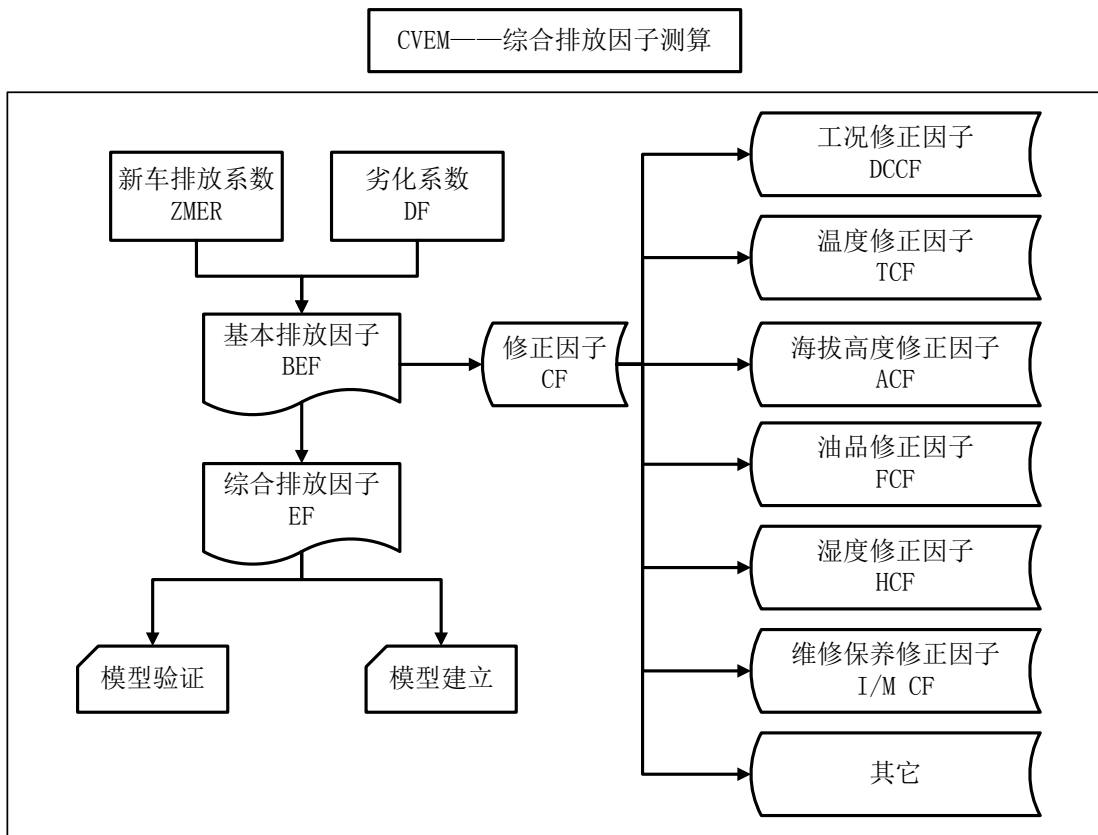


图 2-11 CVEM 综合排放因子测算的流程图

(5) 模型软件特点:

- 利用向导功能引导用户输入数据;
- 数据可以直接在软件中输入/输出或者通过 EXCEL 编辑;
- 可对输出结果进行分析和图示。

模型软件的界面如图 2-22 所示:



## 机动车道路排放区域清单模型研究



图 2-12 CVEM 模型软件界面简介

### 2.3.2 北京市流动源排放因子模型

中国汽车技术研究中心课题组通过参考国外相关模型的经验 and 北京市环保局相关课题成果，整理分析了约 1460 辆车型型式认证排放因子，调查统计北京

市车辆运行主要特征，重新测试 772 辆共约 2000 次（其中有效试验次数 1972 次）的轻型车和重型车排放因子，并进行全面系统的评估与分析。构建了基于轻型车型式认证排放因子，包含里程劣化、速度、燃油品质、I/M 等修正的北京市轻型车排放因子计算模式，建立了基于北京市实际行驶特征的轻型车排放因子库；构建了以 g/km 为评价指标，包含速度、负荷和燃油品质等修正的重型车排放因子计算模式，建立了基于 VSP 分布特征的排放速率库；吸收了 VECC 的摩托车、农用车及部分轻型柴油车排放因子，形成了 84 类车型的基本排放因子，开发了北京市流动源排放因子模型，和北京市机动车各污染物的平均综合排放因子。

### （1）模拟基本情景

北京市机动车排放因子模型 v1.0 主要提供基于车辆技术的单车排放因子和基于车队构成的平均排放因子，排放因子以里程排放因子的形式进行结果输出，单位为 g/km。

基于车辆技术的单车排放因子，指根据车型规格、燃料类型和排放标准确定技术类型，不同技术类型的车辆具有不同的基本排放因子和修正因子参数。在模型软件中，选择模拟车龄（通常 1~15 年，公交车、出租车和摩托车车龄不同）后与北京排放标准进程关联自动给予排放标准选项，同时对应到累积行驶里程参数。基于技术的单车排放因子通常用于不同技术或不同修正参数下的排放水平比较。北京市机动车排放因子模型可以模拟 1998~2015 年的机动车单车排放因子，排放标准覆盖从国 I 前到国 VI。

基于车队构成的平均排放因子，指通过车队中所有技术的单车排放因子的模拟，结合车队中不同车型、不同燃油类型下的登记分布和里程分布参数，加权计算得到车队的平均排放因子。基于车队构成的平均排放因子通常用于城市机动车排放清单建立。模型中默认设置北京市 1995~2015 年间分车型分燃料的登记分布和里程分布参数，用于模拟北京市车队排放因子。

### （2）模拟污染物

北京市机动车排放因子模型主要包括污染物为 CO、THC（VOC）、NO<sub>x</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>（PM<sub>10</sub>）。其中汽油车 THC（VOC）排放除了尾气排放还考虑了蒸发排放，最后以综合里程排放因子的形式给出。

### （3）模型结构

北京市排放因子模型主要包括四个核心模块：a) 车辆基础排放水平模块；b) 微观运行工况修正模块；c) 宏观运行条件修正模块；d) 动态车队构成模块。

a) 基础排放模块

其中基础排放模块包括各类车型的基础排放因子，包括新车法规工况下的排放因子和北京工况与法规工况下的排放的比例系数。基本排放因子（BEF）是排放因子模型的核心参数模块。以本课题收集的试验数据为基础，经过系统分析得出对应于不同车型、不同技术年代和不同污染物类型的计算基本排放因子的参数。基本排放因子排除了背景条件、运行工况、油品等各种因素的差别，因此数据之间具有可比性，其差异是机动车排放控制技术水平的集中反映。

b) 微观运行修正模块

微观运行修正模块：利用微观模型框架建立微观运行工况与综合排放因子之间的关联，以分析机动车排放水平和速度分布率特征参数联合分布等微观核心参数的定量数学关系。

c) 宏观运行条件模块

宏观运行条件模块主要用于分析建立各种宏观运行条件影响因素的经验公式与参数，针对车辆实际行驶中的运行条件对基础排放进行修正；重点考虑到的影响因素包括：运行工况（平均速度）、冷热启动比例、车辆负载、空调使用、燃油品质和环境条件。

除了由机动车排放控制水平不同造成的基本排放因子的差异之外，环境因素、运行状况、燃料以及检查维修情况均对机动车的实际排放造成影响，在本课题中也予以体现。

d) 动态车队构成模块

动态车队构成模块：是计算不同年份各车型综合平均排放因子的主要参数，基于北京市目前车辆等级的分类、不同年代车辆登记数量及保有量数据；对于公交车、出租车等需要重点关注的高频使用车队单独分类；并按照车型/发动机满足的排放标准进行进一步细分（国Ⅳ前~国Ⅴ）。数据库来源：北京市机动车排放动态信息库；北京市在用车队调研统计；北京市机动车排放控制技术发展历程，北京市在用机动车详细统计数据。

模型以汽车按照发动机排量/车重、燃油类型等车型特征参数为依据将车辆分成 16 大类，同时在此基础上增加公交车和出租车等高行驶里程的需要重点关注的特殊车辆类别。在大类车型的基础上，按车辆发动机/后处理技术等因素划分为更细的技术类型。模型还建立其他车型，如摩托车、三轮汽车及低速货车等车型的程序接口，在测试数据具备的情况下，可以自动反映到模型中去。

项目研究建立的排放因子模型以微观运行工况为后台模块，前台图形用户

界面展示宏观车流特征参量（诸如平均车速、冷热启动比例及空调负载等），方便用户理解和输入输出，模型的内核是建立后台微观工况模块和前台宏观统计参量模块的动态链接。

#### （4）模型排放因子计算

排放模型的基本计算过程是用一系列修正系数乘以基础排放因子，得到每种技术类型车辆修正后的排放因子，然后与北京区域内的车辆技术组成和各车型的动态总量相结合，最后得到整个车队的总体排放。

#### （5）模型输入输出参数

模型需要输入的基本参数

- 文件命名及模拟年份
- 油品信息：含硫量
- 环境信息：温度、湿度、海拔
- I/M 制度情况
- 空调使用情况
- 宏观行驶特征分布情况
- 启动情况分布
- 车队动态组成：车龄，技术类型，燃油种类，行驶里程，所占比例

模型的输出参数：

- 各种污染物的排放因子：HC, VOC, CO, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>
- 各年（1995~2015）各类车型平均排放因子
- 车队各污染物的平均综合排放因子

#### （6）模型界面简介

本系统模型为 C/S 结构，只有在本机安装了此程序，才可以进入系统，安装完成后，点击系统的图标，即可进入系统。首先进入过渡页面，然后自动进入系统内容页面，如图：



图 2-13 北京市机动车排放因子模型软件界面

页面上方为系统导航栏，显示各个基本的内容页面，页面中间显示的是用户可以使用的功能按钮，在点击具体按钮后，用户可以依据提示进入导航栏的各个内容页面。页面下方为情景列表，记录了用户在系统中所模拟的各个情景记录。

## 2.4 国外模型适用性比较与排放模型功能分析

### 2.4.1 国外机动车排放模型适用性比较分析

本文中的模型适用性<sup>[11]</sup>是指在模型的使用过程中尽可能的适应当地情况进行操作的特性，因为只有过程适用的前提下才能讨论结果的准确性，过程适用，结果的准确才有意义。其次模型的使用顺序并不一定要遵循模型发展的阶段。从 MOBILE, EMFAC, COPERT 到 IVE, CMEM 反映了国际上机动车排放模型发展从简单参数到工况研究，从实验室测试到道路排放测试的趋势，国内在模型应用方面起步较早的北京、上海等地反映出这一特点。但这一发展阶段不是使用的必经阶段。从表 2-2 可以看出，IVE 操作简单，参数可获性强，虽然代表了最新趋势，却更适合数据不确定性比较大的发展中国家，国内研究起步较晚但需求迫切的如长三角或中东部地区都可以选用此类模型；而 MOBILE, EMFAC 虽然已不是模型发展的方向，但在成熟度和可移植性方面仍有较强的优势，而且使用经验丰富，宏观尺度模拟能力强，如果当地已经有一些机动车排放以及交通数据的积累，或者可以结合交通需求模型，就可以考虑这类模型，将当地的排放控制计划等地区因素修正进模型中，MOBILE 在加拿大和墨西哥的应用以及 EMFAC 在香港的应用都说明了这一点。珠三角经济特区、香港等地区经济发达，有一定的模型使用经验，可以再此基础上用此类模型建立较为全面中宏观尺度的排放清单。CMEM 开放性高，模拟精度高，能和不同层次的交通模型耦合，可以用来分析当地的实际工况和速度剖面对排放的影响，这也是机动车尾气模型发展的方向之一。

表 2-2 模型适用性比较

模型	模型原理						可移植性	数据库 发展时间	参数可获性	
	应用范围	表征参数	类型	结果	计算原理	数据来源			参数	设备
MOBILE	宏观 中观	平均速度	排放因子	平均	统计回归	台架试验	开放的源代码	29 年	27	无
EMFAC	宏观 中观	平均速度	排放因子	平均	统计回归	台架试验	源代码不开发	19 年	16	无
IVE	宏观 中观	VSP, 平均速度	工况	平均	统计回归	台架试验 实际测量	提供基础排放因子修	4 年	19	GPS, VOCE



							正界面			
CMEM	微观 中观 宏观	发动机 功率需求	工况	瞬时	物理原 理	台架试验	源代码 不开放	6年	47	GPS
COPERT	中观 宏观	平均速度	排放因子	平均	统计回 归	台架试验	源代码 不开放	17年	15	无

## 2.4.2 区域道路机动车排放清单模型的功能分析

本项目开发的区域道路机动车排放清单模型的功能简要分析如下：

### (1) 内嵌功能

- 历年(1980~2010)机动车保有量数据(国家、省)：包括保有量、新注册量和产销量，以上数据内嵌时，需说明该数据来源。
- 各车型细分方法：如何将各部门固定报表中的车型细分至排放模型预测、核算所需的34类，包括：使用性质、燃料类型、排放阶段。
- 行驶里程。
- 排放因子：如何将欧洲车型分类与中国车型分类对应；各地级市对车辆排放产生影响的环境信息，如车速、温度、海拔等；如何应用油耗排放因子验证里程排放因子。

### (2) 预测功能

情景分析，通过对未来的预测，分析采取各项机动车污染治理措施可达到的减排效果。这些治理措施主要包括：

- 实施新车排放标准（如国Ⅳ、国Ⅴ）：通过历年的保有量、新注册量、产销量预测未来的新增车辆数据；沿用以往数据或按一定比例削减或增加等预测新增车辆的年均行驶里程；采用排放标准的比值或实测数据或采用欧洲相应阶段数据等预测新增车辆的排放因子。
- 报废“黄标车”：基于不同的报废方案，预测未来的报废车辆数；预测报废车辆的年均行驶里程；预测报废车辆的排放因子。
- 油品升级（升级至国Ⅴ）：通过供应期油品供应比例预测使用油品的车辆数；预测车辆的年均行驶里程；通过实测或者采用欧洲相应数据等预测使用新油品产生的削减排放因子。
- 新车型式核准。
- I/M 制度。



- 限行措施。
- (3) 核算功能
  - 全口径核算：实际保有量、行驶里程和排放因子。
  - 实施新车车排放标准(如国 □、国 □)：实际新增车辆数据、行驶里程和排放因子。
  - 报废“黄标车”：实际报废车辆数据、行驶里程和排放因子。
  - 油品升级(升级至国 4)：使用新油品的车辆数据、行驶里程和削减排放因子。
  - 新车型式核准。
  - I/M 制度。
  - 限行措施。

### 第 3 章 区域道路机动车排放清单模型的构建

本章主要针对项目的核心工作“区域道路机动车排放清单模型”进行详细的介绍。

#### 3.1 排放模型的总体设计框架

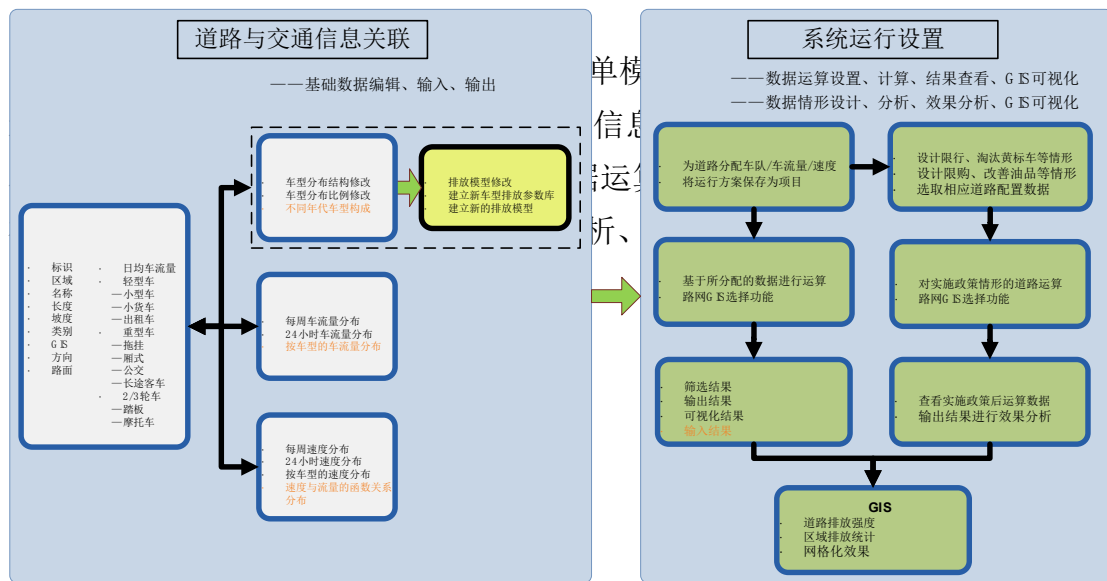


图 3-1 排放模型的总体框架设计

#### 3.2 模型软件的需求分析和功能目标

区域道路机动车排放清单模型需要实现的功能主要有内嵌功能和预测核算功能，具体内容如表 3-1 所示：

表 3-1 排放模型需要实现的功能

序号	总体功能	分类	内容
1	内嵌功能	历年(1980~2012)机动车保有量数据(国家、省)	保有量、新注册量、产销量 (上述数据内嵌时, 需说明该数据来源)
		各车型细分方法	如何将各部门固定报表中的车型细分至排放模型中。 包括: 使用性质、燃料类型、排放阶段
		行驶里程、排放因子	<input type="checkbox"/> 如何将欧洲车型分类与中国车型分类对应; <input type="checkbox"/> 各地级市对车辆排放产生影响的环境信息: 如车速、温度、海拔等; <input type="checkbox"/> 排放因子相互校验; <input type="checkbox"/> 如何应用油耗排放因子验证里程排放因子。
2	预测核算功能	情景分析, 通过对未来的预测, 分析采取各项机动车污染治理措施可达到的减排效果。	治理措施主要包括: <input type="checkbox"/> 实施新车排放标准(如国 IV、国 V) <ul style="list-style-type: none"> <li>● 通过历年的保有量、新注册量、产销量预测未来的新增车辆数据;</li> <li>● 沿用以往数据, 按一定比例消减或增加来预测新增车辆的年均行驶里程;</li> <li>● 通过采用排放标准的比值、排放实测数据以及借鉴欧洲相应阶段的数据预测新增车辆的排放因子。</li> </ul> <input type="checkbox"/> 报废“黄标车” <ul style="list-style-type: none"> <li>● 基于不同的报废方案, 预测未来的报废车辆数;</li> <li>● 预测报废车辆的年均行驶里程;</li> <li>● 预测报废车辆的排放因子。</li> </ul> <input type="checkbox"/> 油品升级 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 通过供应期油品供应比例预测使用新油品标准燃油的车辆数;</li> <li>● 预测使用新油品后所产生的消减排放因子。</li> </ul> <input type="checkbox"/> 新车型式核准

			<input type="checkbox"/> I/M 制度 <input type="checkbox"/> 限行限号等措施
--	--	--	---

本项目建立的区域道路机动车排放清单模型的功能目标描述如下图 3-2 所示。主要可以分成四部分：模型管理、区域排放清单、道路排放清单、政策情形分析。

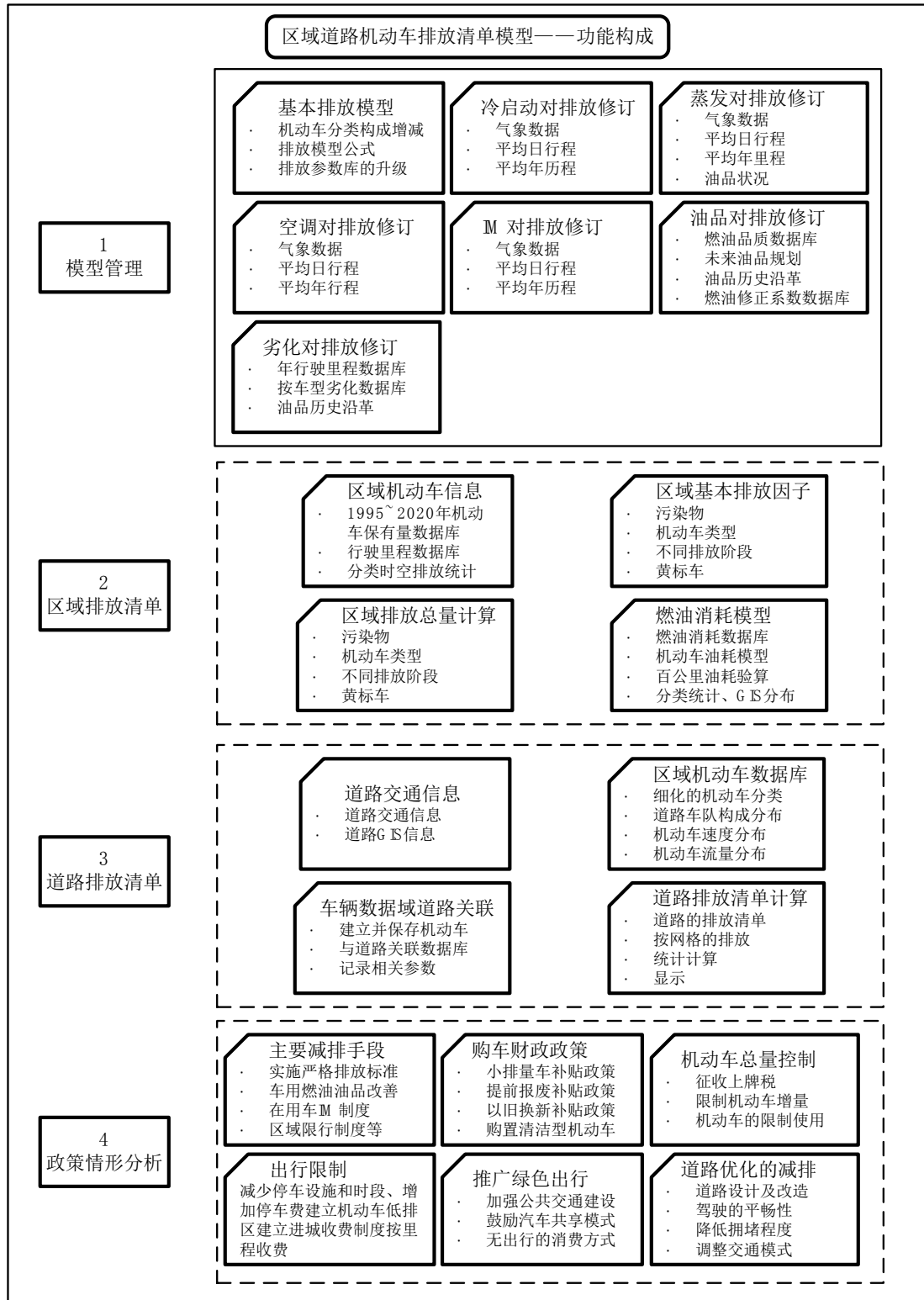


图 3-2 排放模型的功能目标

### 3.3 本项目的机动车环保车型分类体系

#### 3.3.1 车型分类方法

通过对我国目前存在的机动车分类方法的整理分析，本项目建立的机动车环保车型分类主要结合环保部和交通部的分类方法，建立的车型分类如表 3-2 所示。

表 3-2 区域道路机动车排放清单模型车型分类方法

第 0 层	第 1 层	第 2 层	第 3 层	第 4 层	第 5 层	第 6 层
AADT 年平均日 交通流量	载客 汽车	微型	出租车	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
				柴油		
			其他	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
				柴油		
		小型	出租车	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
				柴油		
				其他		
			其他	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
				柴油		
				其他		
		中型	公交车	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
				柴油		
				其他		
			其他	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
				柴油		
				其他		
大型	公交车	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5		
		柴油				
		其他				
	其他	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5		
		柴油				

第 0 层	第 1 层	第 2 层	第 3 层	第 4 层	第 5 层	第 6 层
				柴油		
				其他		
	载货汽车	微型	Unique	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
				柴油		
		轻型	Unique	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
				柴油		
		中型	Unique	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
				柴油		
		重型	Unique	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
				柴油		
	低速载货汽车	三轮汽车	Unique	柴油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
		低速货车	Unique	柴油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
	摩托车	普通摩托车	Unique	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5
		轻便摩托车	Unique	汽油	Unique	国 0/1/2/3/4/5

上表中用 AADT (Annual Average Daily Traffic) 表示年平均日交通流量 (单位: 数量), 其定义是一年的总交通量除以 365 天, 并折算为适应不同等级公路的交通量。年平均日交通量代表着一年内所有日交通量的平均值, 可反应出一年中大部分时间的交通流趋势。

Unique 表示某一层尚待具体细分的车型分类。本项目中的机动车车型分类构成总共分 6 层, 其中第 5 层在未来项目得到相应应用后, 可以进行具体的细化分类, 比如载客汽车可以根据机动车排量进行进一步分类, 分成小于 1.4L、1.4-2.0L、大于 2.0L 等。

### 3.3.2 机动车道路活动水平

建立机动车分类方法, 并获得城市区域内各个监测点位的道路交通流量后,



现有的交通流量监测点位无法识别具体车型，要将交通流量的数据输入到机动车排放模型中，并应用到每一类车型方法上（到第6层排放标准上）进行计算，需要对城市区域内道路上机动车活动水平进行调查，以获得对应于每一层机动车车型分类的道路活动水平百分比。

譬如，现已获得某一城市的2011年的新注册车辆数和转入车辆数，假设目前道路上运行的机动车都是新注册和新转入的车辆，在这个假设前提下，可以分别获得对应于本项目的机动车分类构成（6层）的道路活动水平，第1层和第二层数据如下表3-3所示，第3、4、5、6层由于层级太多未在表中列出。

表 3-3 机动车道路活动水平

第一层							
载客汽车		载货汽车		低速载货汽车		摩托车	
0.764299038		0.10228358		0.002947366		0.130470016	
第二层							
载客汽车							
微型【客】		小型【客】		中型【客】		大型【客】	
0.091122068		0.869505285		0.023039144		0.016333503	
载货汽车							
微型【货】		轻型【货】		中型【货】		重型【货】	
0.010393285		0.761638486		0.113363174		0.114605055	
低速载货汽车							
三轮汽车				低速汽车			
0.637013137				0.362986863			
摩托车							
普通摩托车				轻便摩托车			
0.852795552				0.147204448			
第三层							
载客汽车							
微型【客】		小型【客】		中型【客】		大型【客】	
出租车	其他	出租车	其他	公交车	其他	公交车	其他
0	1	0.03169	0.9683	0.01859	0.98141	0.34449	0.6555
载货汽车							

机动车道路排放区域清单模型研究

微型【货】		轻型【货】		中型【货】			重型【货】				
Unique		Unique		Unique			Unique				
1		1		1			1				
低速载货汽车											
三轮汽车					低速汽车						
Unique					Unique						
1					1						
摩托车											
普通摩托车					轻便摩托车						
Unique					Unique						
1					1						
<b>第四层</b>											
载客汽车											
微型【客】					小型【客】						
出租车		其他			出租车			其他			
汽油	其他	汽油	其他	汽油	柴油	其他	汽油	柴油	其他		
1	0	1	0	0.999	0.0002	0.0001	0.996	0.004	0.0002		
中型【客】					大型【客】						
公交车			其他			公交车			其他		
汽油	柴油	其他	汽油	柴油	其他	汽油	柴油	其他	汽油	柴油	其他
0.714	0.286	0	0.76	0.239	0.0001	0.003	0.95	0.05	0.089	0.91	0.001
载货汽车											
微型【货】			轻型【货】			中型【货】			重型【货】		
Unique			Unique			Unique			Unique		
汽油	柴油	汽油	柴油	汽油	柴油	汽油	柴油	汽油	柴油		
0.962	0.037	0.329	0.671	0.055	0.946	0.042	0.958				
低速载货汽车											
三轮汽车						低速汽车					
Unique						Unique					
柴油						柴油					
1						1					

机动车道路排放区域清单模型研究

摩托车						
普通摩托车			轻便摩托车			
Unique			Unique			
汽油			汽油			
1			1			
第五层						
由于目前第五层只有 Unique 这一分类，所以道路活动水平数值都为 1						
第六层						
LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3	LEVEL 4	LEVEL 5	LEVEL 6	道路水平
载客 汽车	微型【客】	出租车	汽油	Unique	国 0	0
					国 1	0
					国 2	0
					国 3	0.006
					国 4	0.794
					国 5	0.2
		柴油	Unique	国 0	0	
				国 1	0	
				国 2	0	
				国 3	0.006	
				国 4	0.794	
				国 5	0.2	
	其他	汽油	Unique	国 0	0	
				国 1	0	
				国 2	0	
				国 3	0.005	
				国 4	0.995	
				国 5	0	
柴油	Unique	国 0	0			
		国 1	0			
		国 2	0			
		国 3	0.005			

机动车道路排放区域清单模型研究

	小型【客】	出租车	汽油	Unique	国 4	0.995
					国 5	0
					国 0	0
					国 1	0
					国 2	0
					国 3	0.006
					国 4	0.794
			国 5	0.2		
			柴油	Unique	国 0	0
					国 1	0
		国 2			0	
		其他	Unique	国 3	0.006	
				国 4	0.794	
				国 5	0.2	
				国 0	0	
				国 1	0	
		其他	汽油	Unique	国 2	0
					国 3	0.005
					国 4	0.995
					国 5	0
国 0	0					
柴油	Unique		国 1	0		
			国 2	0		
			国 3	0.005		
			国 4	0.995		
			国 0	0		

			其他	Unique	国 5	0
					国 0	0
					国 1	0
					国 2	0
					国 3	0.005
					国 4	0.995
					国 5	0
	中型【客】	公交车	汽油	Unique	国 0	0
					国 1	0
					国 2	0.014
					国 3	0.105
					国 4	0.054
					国 5	0.827
			柴油	Unique	国 0	0
					国 1	0
					国 2	0.014
					国 3	0.105
					国 4	0.054
					国 5	0.827
		其他	Unique	国 0	0	
				国 1	0	
国 2	0.014					
国 3	0.105					
国 4	0.054					
国 5	0.827					
其他	汽油	Unique	国 0	0		
			国 1	0		
			国 2	0.014		
			国 3	0.105		
			国 4	0.054		
			国 5	0.827		

机动车道路排放区域清单模型研究

		柴油	Unique	国 0	0	
				国 1	0	
				国 2	0.014	
				国 3	0.105	
				国 4	0.054	
				国 5	0.827	
		其他	Unique	国 0	0	
				国 1	0	
				国 2	0.014	
				国 3	0.105	
				国 4	0.054	
				国 5	0.827	
	大型【客】	公交车	汽油	Unique	国 0	0
					国 1	0
					国 2	0.014
					国 3	0.105
					国 4	0.054
					国 5	0.827
		柴油	Unique	国 0	0	
				国 1	0	
				国 2	0.014	
国 3				0.105		
国 4				0.054		
国 5				0.827		
其他	Unique	国 0	0			
		国 1	0			
		国 2	0.014			
		国 3	0.105			
		国 4	0.054			
		国 5	0.827			
	其他	汽油	Unique	国 0	0	

机动车道路排放区域清单模型研究

					国 1	0		
					国 2	0.014		
					国 3	0.105		
					国 4	0.054		
					国 5	0.827		
			柴油	Unique	国 0	0		
					国 1	0		
					国 2	0.014		
					国 3	0.105		
					国 4	0.054		
		其他	Unique	国 0	0			
				国 1	0			
				国 2	0.014			
				国 3	0.105			
				国 4	0.054			
		载货 汽车	微型【货】	Unique	汽油	Unique	国 0	0
							国 1	0
							国 2	0.014
国 3	0.105							
国 4	0.054							
国 5	0.827							
轻型【货】	Unique		汽油	Unique	国 0	0		
					国 1	0		
					国 2	0.014		
					国 3	0.105		
					国 4	0.054		
					国 5	0.827		



					国 2	0.014	
					国 3	0.105	
					国 4	0.054	
					国 5	0.827	
			柴油	Unique	国 0	0	
					国 1	0	
					国 2	0.014	
					国 3	0.105	
					国 4	0.054	
						国 5	0.827
	中型【货】	Unique	汽油	Unique	国 0	0	
					国 1	0	
					国 2	0	
					国 3	0.003	
					国 4	0.017	
					国 5	0.98	
		柴油	Unique	国 0	0		
				国 1	0		
国 2				0			
国 3				0.003			
国 4				0.017			
国 5				0.98			
重型【货】	Unique	汽油	Unique	国 0	0		
				国 1	0		
				国 2	0		
				国 3	0.003		
				国 4	0.017		
				国 5	0.98		
	柴油	Unique	国 0	0			
			国 1	0			
			国 2	0			

机动车道路排放区域清单模型研究

					国 3	0.003
					国 4	0.017
					国 5	0.98
低速 载货 汽车	三轮 汽车	Unique	柴油	Unique	国 0	0
					国 1	0
					国 2	0
					国 3	0.005
					国 4	0.025
					国 5	0.97
	低速 汽车	Unique	柴油	Unique	国 0	0
					国 1	0
					国 2	0
					国 3	0.005
					国 4	0.025
					国 5	0.97
摩托车	普通 摩托车	Unique	汽油	Unique	国 0	0
					国 1	0
					国 2	0.044
					国 3	0.956
					国 4	0
					国 5	0
	轻便 摩托车	Unique	汽油	Unique	国 0	0
					国 1	0
					国 2	0.044
					国 3	0.956
					国 4	0
					国 5	0

### 3.4 模型的“道路与交通信息关联”模块

“道路与交通信息关联”模块主要是实现排放模型基础数据的编辑、输入和输出等功能，主要有道路信息子模块、车型分类子模块、排放模型子模块、车流量特征子模块、速度特征子模块。本节将对各个子模块一一介绍。

#### 3.4.1 “道路信息”子模块

模型的道路信息子模块界面如图 3-3 所示。

名称	ID	城市	区域	类型	编号	宽度(米)	方向	长度(千米)	X1	Y1	X2	Y2	年平均车量	平均速度(千米/小时)	载客汽车	载重
Cor1_Link1	3	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	28	12093	
Cor1_Link1	602	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	15	22093	
Cor1_Link1	612	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	18	9381	
Cor1_Link1	616	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	18	9381	
Cor1_Link1	618	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	34	10640	
Cor1_Link1	620	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	33	11215	
Cor1_Link1	621	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	12	435	
Cor1_Link1	622	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	12	435	
Cor1_Link1	623	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	12	435	
Cor1_Link1	624	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	12	435	
Cor1_Link1	625	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	16	7769	
Cor1_Link1	626	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	8	2442	
Cor1_Link1	627	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	8	4884	
Cor1_Link1	628	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	16	7769	
Cor1_Link1	629	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	16	7769	
Cor1_Link1	630	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	30	27216	
Cor1_Link1	631	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	30	27216	
Cor1_Link1	632	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	26	7119	
Cor1_Link1	633	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	18	19842	
Cor1_Link1	634	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	22	9540	
Cor1_Link1	635	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	35	17046	
Cor1_Link1	636	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	35	17046	
Cor1_Link1	637	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	25	7119	
Cor1_Link1	638	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	35	17046	
Cor1_Link1	639	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	36	0	
Cor1_Link1	640	UK	West_LondA_Road	A406		0	AB	0	0	0	0	0	0	36	0	

图 3-3 道路信息子模块界面

如图 3-3 所示，道路信息子模块可以实现的功能：道路与交通基础数据的导入、追加功能（点击图标 、）；道路与交通基础数据的删除功能（点击图标 ）；道路与交通基础数据的编辑修改功能（双击要修改的道路即可，界面如图 4-4 所示）；道路与交通基础数据的保存、导出功能（点击图标 、）。

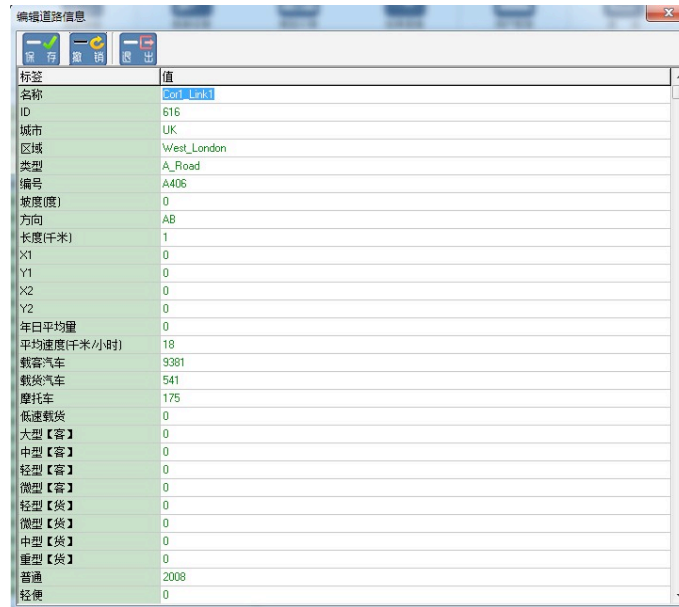


图 3-4 编辑修改道路信息的界面

道路信息子模块的输入文件格式规范如图 3-5 所示。

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
name	rid	rcountry	rregion	rtype	rroad	rdirection	rlength	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11	r12	r13	r14	r15
2	Cor1_Lan1	3	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	35	21955	956	397	0	0	0
3	Cor1_Lan1	3112	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	40	26777	1035	164	0	0	0
4	Cor1_Lan1	637	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	26	7119	594	23	0	0	0
5	Cor1_Lan1	678	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	40	6154	313	116	0	0	0
6	Cor1_Lan1	2540	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	21	1427	184	27	0	0	0
7	Cor1_Lan1	2275	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	34	3460	324	65	0	0	0
8	Cor1_Lan1	2359	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	14	2088	94	39	0	0	0
9	Cor1_Lan1	2472	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	35	42220	2563	1262	0	0	0
10	Cor1_Lan1	2528	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	36	11524	669	266	0	0	0
11	Cor1_Lan1	2613	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	11	675	27	11	0	0	0
12	Cor1_Lan1	2659	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	24	2640	81	51	0	0	0
13	Cor1_Lan1	2695	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	33	11215	811	213	0	0	0
14	Cor1_Lan1	2730	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	19	6616	360	128	0	0	0
15	Cor1_Lan1	2797	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	34	15567	831	153	0	0	0
16	Cor1_Lan1	2842	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	28	11400	551	218	0	0	0
17	Cor1_Lan1	3028	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	82	31019	1285	288	0	0	0
18	Cor1_Lan1	3084	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	29	6964	528	101	0	0	0
19	Cor1_Lan1	3164	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	28	908	50	17	0	0	0
20	Cor1_Lan1	3209	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	29	7349	324	140	0	0	0
21	Cor1_Lan1	7054	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	24	20083	1517	1156	0	0	0
22	Cor1_Lan1	4874	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	35	2735	174	52	0	0	0
23	Cor1_Lan1	5954	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	16	6295	736	119	0	0	0
24	Cor1_Lan1	6625	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	26	1578	62	29	0	0	0
25	Cor1_Lan1	6482	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	34	14787	1398	432	0	0	0
26	Cor1_Lan1	6504	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	36	7926	425	150	0	0	0
27	Cor1_Lan1	7591	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	38	10196	552	62	0	0	0
28	Cor1_Lan1	6533	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	40	13388	794	123	0	0	0
29	Cor1_Lan1	7717	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	38	20293	1105	85	0	0	0
30	Cor1_Lan1	7752	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	42	12705	286	69	0	0	0
31	Cor1_Lan1	6953	UK	West_London	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	30	13989	1465	750	0	0	0

图 3-5 道路信息子模块的输入文件格式规范

道路信息子模块的基础数据主要分为两部分：一是道路信息数据，二是交通信息数据。道路信息主要有：道路名称、道路 ID、道路所属城市、道路所属区域、道路类型（快速路/主干路/次干路/支路）、道路编号、道路坡度、道路方向、道路长度、坐标（X1/X2/Y1/Y2）；交通信息数据主要有：年平均日交通流量（AADT）、道路车辆平均速度、第一级到第二级分类的道路车流量（载客汽车、载货汽车、低速载货汽车、摩托车、微型客车、小型客车、中型客车、大型客车、微型货车、轻型货车、中型货车、重型货车、三轮汽车、低速货车、普通摩托车、轻便摩托车）。

### 3.4.2 “车型分类-模型构建”子模块

“车型分类-模型构建”模型界面如图 3-6 所示。此模块分为两部分：一是车型分类构成编辑区域，二是排放模型的编辑区域。



图 3-6 “车型分类-模型构建”子模块的界面

车型分类构成编辑区域可以实现的功能有：车型分类构成整体输入文件的导入、导出、删除功能（点击图标 、、）；建立编辑车型分类的六层树状结构（点击图标“增加同级类别” 、“增加子级类别” 、“删除类别” 、“更新更改” 、“自动增加节点”  ）；修改车型分类的名称、道路活动水平百分比和归一化功能（点击图标“分类名称” 、“构成比例” 、“归一化” ）；根据车型分类建立排放模型结构总表（选取车型分类树状结构，点击鼠标右键将弹出功能 ）。

排放模型的编辑区域可以实现的功能有：排放模型整体输入文件的导入、导出、删除功能（点击图标 、、）；现有排放模型的修改编辑功能（鼠标选取车型分类树状结构的第六层，之后可在相应区域进行数据编辑）。

车型分类的输入文件规范如下图 3-7 所示。排放模型参数的输入文件规范如下图 3-8 所示。

## 机动车道路排放区域清单模型研究

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Level	TEEM_FLEET	General_Fl	Coarse_Fl	Fuel_Pow	IVGW_Weight	Engine_Siz	Emission_St	F9
2	1	1000000	载客汽车						0.764299
3	1	2000000	载货汽车						0.1022636
4	1	3000000	低速载货汽车						0.0029474
5	1	4000000	摩托车						0.13047
6	2	1100000	载客汽车	微型【客】					0.0911221
7	2	1200000	载客汽车	小型【客】					0.8695053
8	2	1300000	载客汽车	中型【客】					0.0230391
9	2	1400000	载客汽车	大型【客】					0.0163335
10	2	2100000	载货汽车	微型【货】					0.0103933
11	2	2200000	载货汽车	轻型【货】					0.7616385
12	2	2300000	载货汽车	中型【货】					0.1133632
13	2	2400000	载货汽车	重型【货】					0.1146051
14	2	3100000	低速载货汽车	三轮汽车					0.6370131
15	2	3200000	低速载货汽车	低速货车					0.3629669
16	2	4100000	摩托车	普通摩托车					0.8527956
17	2	4200000	摩托车	轻便摩托车					0.1472044
18	3	1110000	载客汽车	微型【客】	出租车				0
19	3	1120000	载客汽车	微型【客】	其他				1
20	3	1210000	载客汽车	小型【客】	出租车				0.0316965
21	3	1220000	载客汽车	小型【客】	其他				0.9683036
22	3	1310000	载客汽车	中型【客】	公交车				0.0185935
23	3	1320000	载客汽车	中型【客】	其他				0.9814065
24	3	1410000	载客汽车	大型【客】	公交车				0.344468
25	3	1420000	载客汽车	大型【客】	其他				0.655512
26	3	2110000	载货汽车	微型【货】	unique				1
27	3	2210000	载货汽车	轻型【货】	unique				1
28	3	2310000	载货汽车	中型【货】	unique				1
29	3	2410000	载货汽车	重型【货】	unique				1
30	3	3110000	低速载货汽车	三轮汽车	unique				1
31	3	3210000	低速载货汽车	低速货车	unique				1
32	3	4110000	摩托车	普通摩托车	unique				1

图 3-7 车型分类构成的输入文件格式规范

CO排放模型参数																		
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
2	序号	General_Fl	Coarse_Fl	Fuel_Pow	IVGW_Weight	Engine_Siz	Emission_St	a	b	c	d	e	f	g	h	i	min speed	max speed
3	1	载客汽车	微型【客】	出租车	汽油	uni que	国0	519.81612	0.0564847	0.017898	0	0	0	0	0	1	5	140
4	2	载客汽车	微型【客】	出租车	汽油	uni que	国1	1.664E-10	14.995	-0.3604	0.0024	0	0	0	0	1	5	120
5	3	载客汽车	微型【客】	出租车	汽油	uni que	国2	1.664E-10	4.0292	-0.1012	0.0008	0	0	0	0	1	5	140
6	4	载客汽车	微型【客】	出租车	汽油	uni que	国3	6.6604918	-0.308235	0.0323828	-0.000973	1.65E-05	-1.27E-07	4.471E-10	1	5	140	140
7	5	载客汽车	微型【客】	出租车	汽油	uni que	国4	6.6604918	-0.308235	0.0323828	-0.000973	1.65E-05	-1.27E-07	4.471E-10	1	5	140	140
8	6	载客汽车	微型【客】	出租车	汽油	uni que	国5	6.6604918	-0.308235	0.0323828	-0.000973	1.65E-05	-1.27E-07	4.471E-10	1	5	140	140
9	7	载客汽车	微型【客】	出租车	其他	uni que	国0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	8	载客汽车	微型【客】	出租车	其他	uni que	国1	22.508325	-0.408264	0.0051071	0	0	0	0	0	1	5	120
11	9	载客汽车	微型【客】	出租车	其他	uni que	国2	22.508325	-0.408264	0.0051071	0	0	0	0	0	1	5	120
12	10	载客汽车	微型【客】	出租车	其他	uni que	国3	0.8273793	0.0201177	0.0012081	-2.12E-05	5.728E-07	-4.65E-09	2.305E-11	1	5	120	120
13	11	载客汽车	微型【客】	出租车	其他	uni que	国4	0.8273793	0.0201177	0.0012081	-2.12E-05	5.728E-07	-4.65E-09	2.305E-11	0.4347826	5	120	120
14	12	载客汽车	微型【客】	出租车	其他	uni que	国5	0.8273793	0.0201177	0.0012081	-2.12E-05	5.728E-07	-4.65E-09	2.305E-11	0.4347826	5	120	120
15	13	载客汽车	微型【客】	其他	汽油	uni que	国0	519.81612	0.0564847	0.017898	0	0	0	0	1	5	140	
16	14	载客汽车	微型【客】	其他	汽油	uni que	国1	1.664E-10	14.995	-0.3604	0.0024	0	0	0	1	5	120	
17	15	载客汽车	微型【客】	其他	汽油	uni que	国2	1.664E-10	4.0292	-0.1012	0.0008	0	0	0	1	5	140	
18	16	载客汽车	微型【客】	其他	汽油	uni que	国3	6.6604918	-0.308235	0.0323828	-0.000973	1.65E-05	-1.27E-07	4.471E-10	1	5	140	140
19	17	载客汽车	微型【客】	其他	汽油	uni que	国4	6.6604918	-0.308235	0.0323828	-0.000973	1.65E-05	-1.27E-07	4.471E-10	1	5	140	140
20	18	载客汽车	微型【客】	其他	汽油	uni que	国5	6.6604918	-0.308235	0.0323828	-0.000973	1.65E-05	-1.27E-07	4.471E-10	1	5	140	140
21	19	载客汽车	微型【客】	其他	其他	uni que	国0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	20	载客汽车	微型【客】	其他	其他	uni que	国1	22.508325	-0.408264	0.0051071	0	0	0	0	0	1	5	120
23	21	载客汽车	微型【客】	其他	其他	uni que	国2	22.508325	-0.408264	0.0051071	0	0	0	0	0	1	5	120
24	22	载客汽车	微型【客】	其他	其他	uni que	国3	0.8273793	0.0201177	0.0012081	-2.12E-05	5.728E-07	-4.65E-09	2.305E-11	1	5	120	120
25	23	载客汽车	微型【客】	其他	其他	uni que	国4	0.8273793	0.0201177	0.0012081	-2.12E-05	5.728E-07	-4.65E-09	2.305E-11	0.4347826	5	120	120
26	24	载客汽车	微型【客】	其他	其他	uni que	国5	0.8273793	0.0201177	0.0012081	-2.12E-05	5.728E-07	-4.65E-09	2.305E-11	0.4347826	5	120	120
27	25	载客汽车	小型【客】	出租车	汽油	uni que	国0	381.38415	1.373148	0.0052002	0	0	0	0	1	5	140	
28	26	载客汽车	小型【客】	出租车	汽油	uni que	国1	28.26103	1.5410268	0.009769	0	0	0	0	1	5	120	
29	27	载客汽车	小型【客】	出租车	汽油	uni que	国2	56.749675	-2.256243	0.026667	0	0	0	0	1	5	140	
30	28	载客汽车	小型【客】	出租车	汽油	uni que	国3	35.040282	-1.800276	0.0248737	0	0	0	0	1	5	140	
31	29	载客汽车	小型【客】	出租车	汽油	uni que	国4	22.627472	-0.685483	0.0144431	0	0	0	0	1	5	140	
32	30	载客汽车	小型【客】	出租车	汽油	uni que	国5	22.627472	-0.685483	0.0144431	0	0	0	0	1	5	140	140

图 3-8 排放模型参数库的输入文件格式规范

### 3.4.3 “车流量特征”子模块

“车流量特征”子模块的界面（二维显示和三维显示）如图 3-9、3-10 所示：



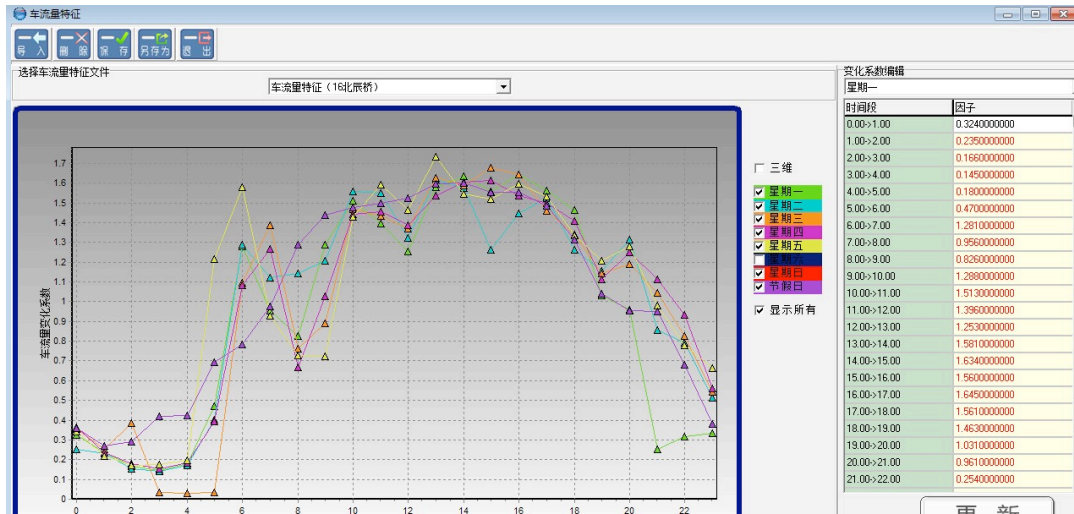


图 3-9 “车流量特征”子模块的二维显示界面

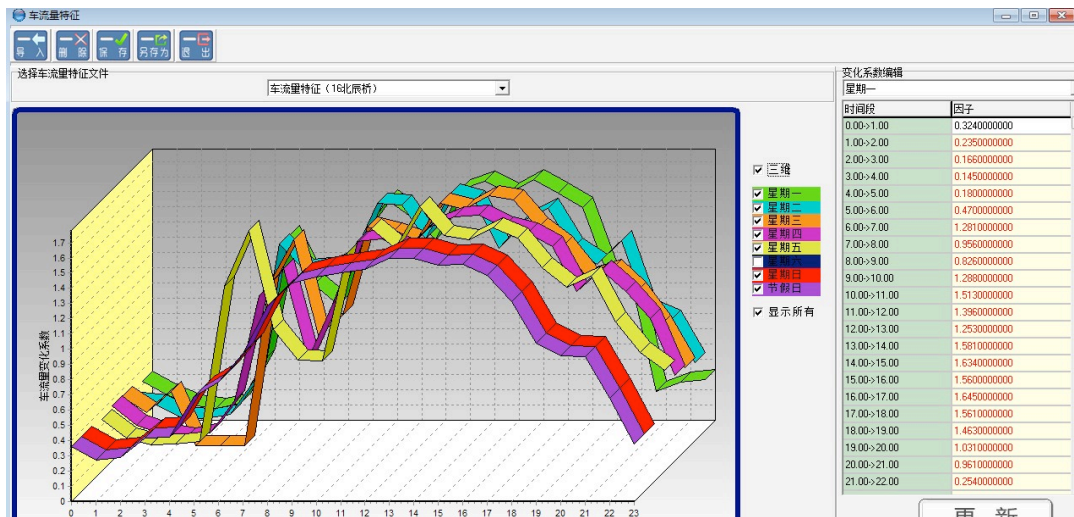






图 3-10 “车流量特征”子模块的三维显示界面

“车流量特征”子模块可以实现的功能有：车流量特征输入数据的导入、删除、保存、导出（分别点击图标 、、、）；车流量特征一天 24 小时的二维/三维趋势显示；车流量因子的编辑修改。

通过获取相应道路的交通流样本数据（一年或者一个月），对数据进行处理后即可获得周一到周日外加特殊节假日共 8 个特征天的 24 小时交通流数据。本模型用车流量因子来表征特定道路上机动车一天 24 小时的车流量变化情况。车流量因子的获得如公式（3-1）所示

$$\text{车流量因子} = \frac{\text{某天某小时段的车流量}}{\left( \frac{\text{年平均日交通流量}}{24} \right)} \quad (3-1)$$



“车流量特征”输入文件规范如图 3-11 所示。

id	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	
2	1	0.324	0.235	0.166	0.145	0.18	0.47	1.281	0.956	0.826	1.288	1.513	1.396	1.253	1.581	1.634
3	2	0.252	0.233	0.153	0.142	0.171	0.403	1.29	1.122	1.141	1.209	1.559	1.55	1.325	1.62	1.577
4	3	0.356	0.251	0.387	0.033	0.032	0.033	1.097	1.385	0.762	0.891	1.467	1.433	1.372	1.627	1.587
5	4	0.362	0.234	0.178	0.152	0.184	0.396	1.083	1.266	0.668	1.027	1.444	1.456	1.385	1.536	1.604
6	5	0.342	0.217	0.173	0.177	0.197	1.216	1.581	0.93	0.727	0.723	1.429	1.593	1.463	1.735	1.545
7	6	0.429	0.29	0.24	0.215	0.224	0.444	0.746	1.171	1.313	1.132	1.502	1.486	1.529	1.653	1.458
8	7	0.359	0.271	0.291	0.418	0.423	0.692	0.782	0.975	1.287	1.437	1.475	1.5	1.526	1.595	1.6
9	8	0.359	0.271	0.291	0.418	0.423	0.692	0.782	0.975	1.287	1.437	1.475	1.5	1.526	1.595	1.6

图 3-11 车流量特征的输入文件格式规范

### 3.4.4 “速度特征”子模块

“速度特征”子模块的界面（二维显示和三维显示）如图 3-12/13 所示。

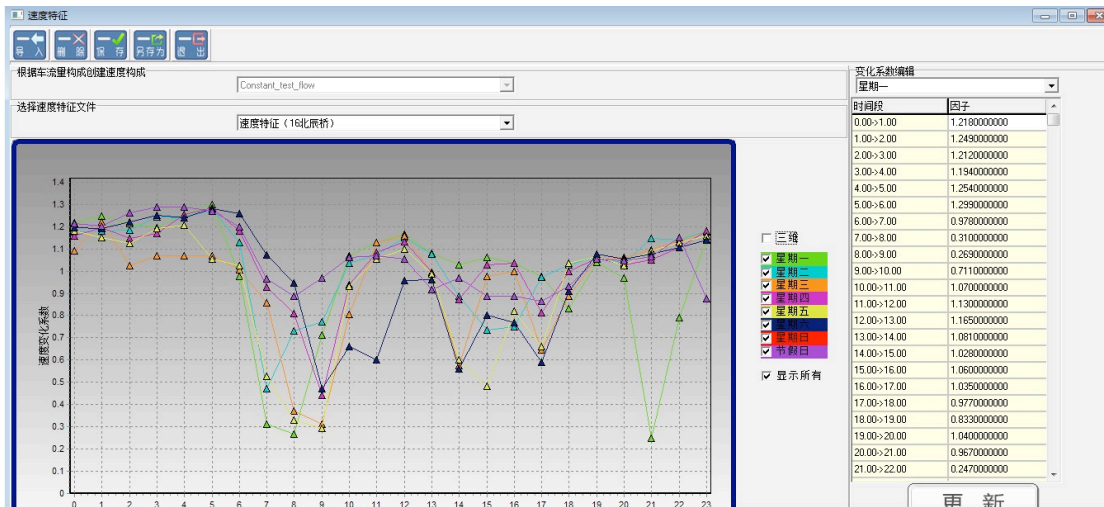


图 3-12 “速度特征”子模块的二维显示界面

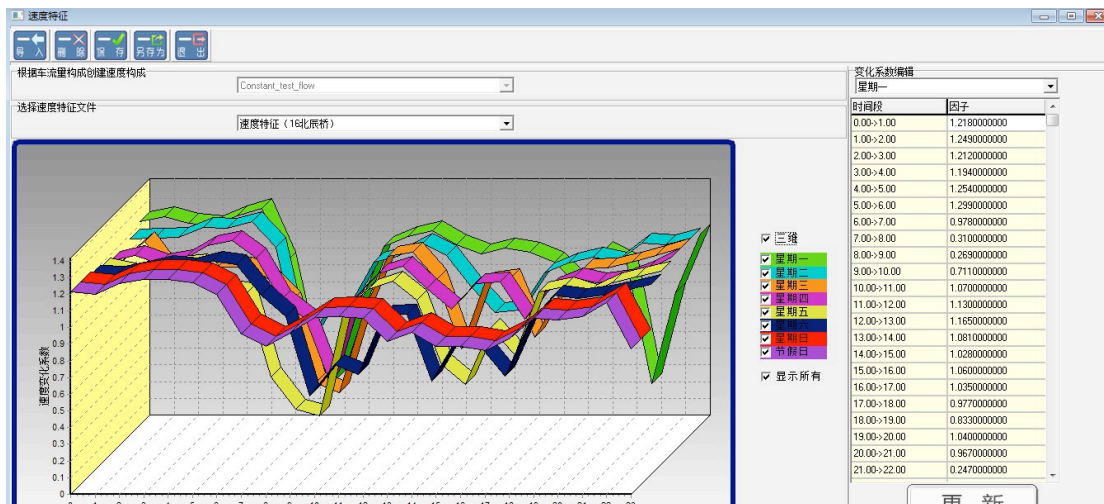






图 3-13 “速度特征”子模块的三维显示界面

在模型软件的功能设计上，“速度特征”子模块与“车流量特征”子模块相类似，可以实现的功能有：速度特征输入数据的导入、删除、保存、导出（点

击图标、、、); □速度特征一天 24 小时的二维/三维趋势显示;  
□速度因子的编辑修改。

通过获取相应道路的交通流样本数据（一年或者一个月）的同时，对车流量平均速度数据进行处理后，即可获得周一到周日外加特殊节假日共 8 个特征天的 24 小时的平均速度数据。本模型用速度因子来表征特定道路上机动车一天 24 小时的速度变化情况。速度因子的获得如公式（3-2）所示

$$\text{速度因子} = \frac{\text{某天某小时段的平均速度}}{\text{年日平均速度}} \quad (3-2)$$

“速度特征”输入文件规范如图 3-14 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	id	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17
2	1	1.218	1.249	1.212	1.194	1.254	1.299	0.978	0.31	0.269	0.711	1.07	1.13	1.165	1.081	1.028	1.06	1.035
3	2	1.175	1.179	1.185	1.245	1.241	1.277	1.127	0.471	0.73	0.773	1.037	1.072	1.15	1.075	0.887	0.735	0.749
4	3	1.093	1.221	1.024	1.068	1.068	1.068	1.006	0.856	0.37	0.312	0.804	1.129	1.197	0.994	0.574	0.977	0.997
5	4	1.158	1.196	1.146	1.168	1.253	1.284	1.181	0.928	0.811	0.44	0.938	1.085	1.131	0.996	0.872	1.027	1.035
6	5	1.181	1.15	1.126	1.191	1.207	1.053	1.024	0.528	0.332	0.293	0.933	1.053	1.1	0.987	0.602	0.483	0.819
7	6	1.195	1.19	1.222	1.252	1.24	1.281	1.258	1.074	0.947	0.471	0.66	0.602	0.959	0.961	0.562	0.802	0.77
8	7	1.213	1.202	1.262	1.289	1.289	1.271	1.198	0.964	0.887	0.969	1.061	1.068	1.055	0.918	0.97	0.888	0.888
9	8	1.213	1.202	1.262	1.289	1.289	1.271	1.198	0.964	0.887	0.969	1.061	1.068	1.055	0.918	0.97	0.888	0.888

图 3-14 速度特征的输入文件格式规范

### 3.5 模型的“系统运行设置”模块

“系统运行设置”模块主要是实现数据的运算设置、运行计算、结果查看以及针对已有数据进行政策情形设计、情形分析、效果分析等功能，主要有数据设置子模块、模型运行计算子模块、模型结果查看子模块、政策情形设计子模块、政策情形分析子模块、政策效果分析子模块。本节将对各个子模块分别进行介绍。

#### 3.5.1 “数据设置”子模块

“数据设置”子模块的界面如图 3-15 所示。

## 机动车道路排放区域清单模型研究

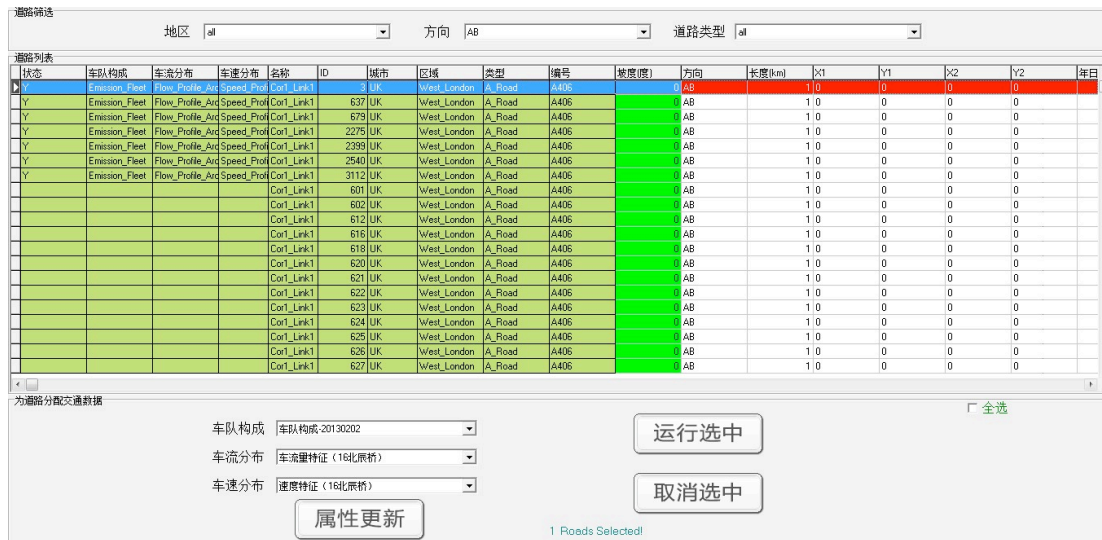


图 3-15 “模型数据设置”子模块的界面

“数据设置”子模块的功能主要有：筛选要模拟计算的区域道路（通过选择下拉菜单“地区”、“方向”和“道路类型”）；为所选择的区域道路配置车型分类构成、车流量特征和速度特征（通过选择下拉菜单“车队构成”、“车流分布”和“车型分布”，点击按钮“属性更新”来实现配置功能）；选择希望运行计算的道路（通过点击按钮“运行选中”来实现，反之，如果想取消选中则点击按钮“取消选中”）。

### 3.5.2 “模型运行计算”子模块

“模型运行计算”子模块的界面如图 3-16 所示。

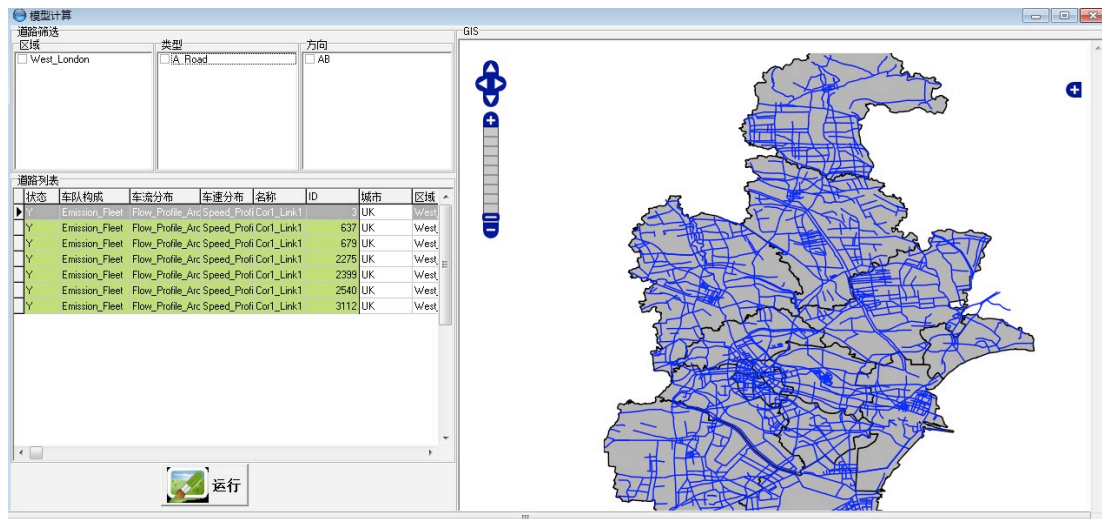


图 3-16 “模型运行计算”子模块的界面

“模型运行计算”子模块的功能就是在针对“数据设置”子模块所选中的区域道路进行模拟运行计算，并可以通过 GIS 手段(Geographic Information System)

可视化运算的结果。

### 3.5.3 “结果查看”子模块

“结果查看”子模块总共有 8 个界面，分别为“过滤条件”、“结果输出”、“原始数据”、“小时排放统计图”、“污染物总量统计”、“日排放量统计”、“车型污染物排放统计”、“按排放标准统计”。

□ “过滤条件”界面，如图 3-17 所示。

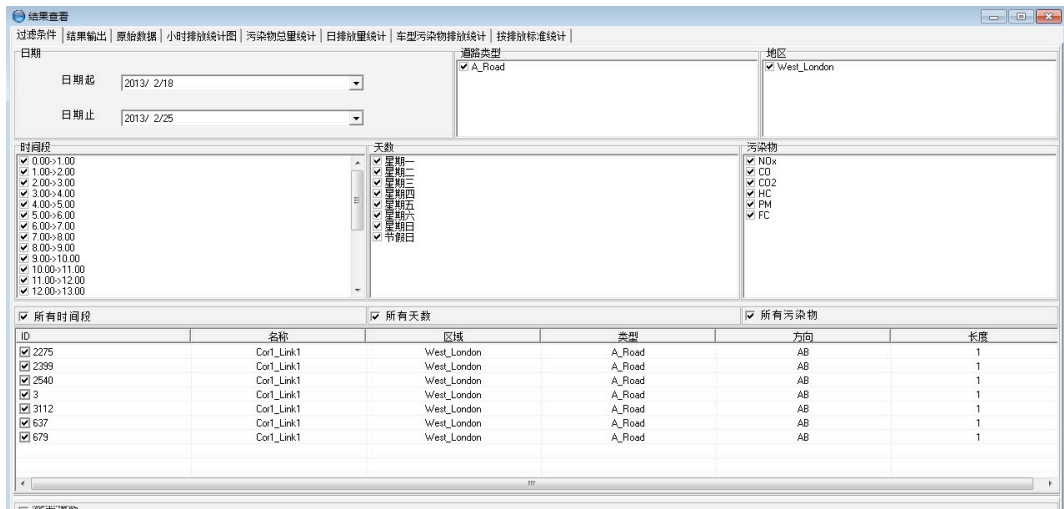


图 3-17 “过滤条件”界面

选取一定数量的区域道路运行计算完后，再查看具体结果前，可以通过一定选取特定的过滤条件（如日期、星期、时间段、具体道路、不同污染物）去得到特定的想要的计算结果。

□ “结果输出”界面，如图 3-18 所示。



## 机动车道路排放区域清单模型研究

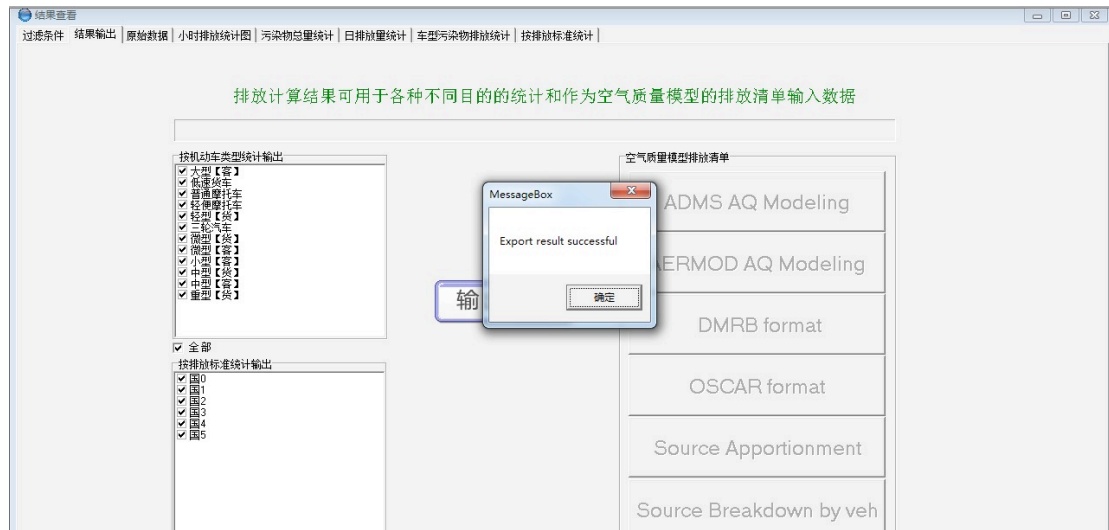


图 3-18 “结果输出”界面

设定特征的过滤条件后，可以输出计算结果文件（Excel 文件），输出文件的格式规范如图 3-19 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	fleetid	flowid	speedid	RoadId	RoadType	Region	WeekDay	Noa1	Noa2	Noa3	Noa4	Noa5	Noa6	Noa7	Noa8	Noa9	Noa10	Noa11
2	车队构成	车流量特征	速度特征	3	A_Road	West_Lon	Monday	445.881	321.1584	228.772	200.7221	245.734	636.0884	1908.012	2793.467	2690.291	2231.012	217
3	车队构成	车流量特征	速度特征	3	A_Road	West_Lon	Sundays	494.635	374.3903	396.6143	566.7343	573.5134	941.4529	1081.422	1461.103	2000.816	2148.721	2126.
4	车队构成	车流量特征	速度特征	602	A_Road	West_Lon	Wednesday	787.6507	518.8677	892.6188	74.0883	71.8432	74.0883	2559.574	3604.105	3893.972	5310.401	3990.
5	车队构成	车流量特征	速度特征	612	A_Road	West_Lon	Sundays	284.8429	216.1067	225.9432	320.8677	324.7059	535.2332	624.7533	884.2711	1229.536	1299.158	1262.
6	车队构成	车流量特征	速度特征	616	A_Road	West_Lon	Fridays	275.413	177.3829	143.1211	141.8697	156.7354	1045.856	1382.476	1284.174	1477.613	1642.008	1322.
7	车队构成	车流量特征	速度特征	601	A_Road	West_Lon	Monday	266.1047	191.0035	136.6219	120.1015	146.0618	376.0478	1163.844	1828.473	1774.592	1387.782	1316.
8	车队构成	车流量特征	速度特征	601	A_Road	West_Lon	Tuesdays	210.1802	194.0465	127.1413	115.567	139.3533	324.6251	1095.99	1568.723	1210.978	1242.571	1376.
9	车队构成	车流量特征	速度特征	601	A_Road	West_Lon	Wednesdays	306.7116	205.936	343.8191	28.7384	27.8675	28.7384	982.988	1347.022	1269.243	1695.38	1475.
10	车队构成	车流量特征	速度特征	601	A_Road	West_Lon	Thursdays	303.8594	193.68	150.1022	127.1064	149.3562	318.293	901.2785	1180.839	668.7296	1506.098	1339.
11	车队构成	车流量特征	速度特征	602	A_Road	West_Lon	Thursdays	772.7144	489.7762	382.3919	322.7532	374.559	794.6185	2284.174	3116.534	1805.919	4508.973	3529.
12	车队构成	车流量特征	速度特征	602	A_Road	West_Lon	Fridays	721.3181	465.1763	375.7165	371.4109	410.0649	2754.768	3646.59	3501.245	4094.861	4564.758	3505.
13	车队构成	车流量特征	速度特征	602	A_Road	West_Lon	Saturdays	898.3768	608.8357	495.8856	437.8707	458.8113	892.1556	1515.025	2619.683	3188.458	4689.016	4732.
14	车队构成	车流量特征	速度特征	602	A_Road	West_Lon	Sundays	745.0533	565.5103	589.8766	836.8623	846.8726	1396.879	1635.124	2339.721	3267.426	3436.563	3322.
15	车队构成	车流量特征	速度特征	616	A_Road	West_Lon	Monday	256.4903	183.4917	131.7701	116.0584	140.2418	359.2944	1151.607	2064.462	2026.536	1426.439	1289.
16	车队构成	车流量特征	速度特征	616	A_Road	West_Lon	Tuesdays	203.5149	187.813	122.9787	111.0698	133.9881	310.9129	1066.663	1696.608	1240.652	1264.112	1353.
17	车队构成	车流量特征	速度特征	616	A_Road	West_Lon	Wednesdays	299.5953	198.4319	338.4049	28.148	27.295	28.148	969.4916	1353.701	1409.534	1913.129	1493.
18	车队构成	车流量特征	速度特征	616	A_Road	West_Lon	Thursdays	294.7546	187.1202	145.7903	123.167	143.4204	304.615	872.141	1175.53	676.3847	1641.74	133.
19	车队构成	车流量特征	速度特征	618	A_Road	West_Lon	Tuesdays	171.4326	158.327	103.7909	94.8556	114.3958	267.2783	890.4502	1213.442	958.6756	986.471	1111.
20	车队构成	车流量特征	速度特征	618	A_Road	West_Lon	Wednesday	248.9459	168.6519	277.2616	23.246	22.5415	23.246	791.7488	1074.9	968.7809	1282.666	1173.
21	车队构成	车流量特征	速度特征	601	A_Road	West_Lon	Fridays	284.6143	182.7069	147.0405	146.7652	162.4199	1066.035	1404.594	1203.802	1316.719	1447.458	1329.
22	车队构成	车流量特征	速度特征	612	A_Road	West_Lon	Monday	256.4903	183.4917	131.7701	116.0584	140.2418	359.2944	1151.607	2064.462	2026.536	1426.439	1289.
23	车队构成	车流量特征	速度特征	616	A_Road	West_Lon	Saturdays	343.2131	232.9506	189.6503	167.6564	175.5939	341.9679	580.22	995.5621	1203.929	1711.729	1753.
24	车队构成	车流量特征	速度特征	616	A_Road	West_Lon	Sundays	284.8429	216.1067	225.9432	320.8677	324.7059	535.2332	624.7533	884.2711	1229.536	1299.158	1262.

图 3-19 输出结果的文件格式规范

□ “原始数据”界面，如图 3-20 所示。

## 机动车道路排放区域清单模型研究

过筛条件	结果输出	原始数据	小时排放统计图	污染物总量统计	日排放量统计	车型污染物排放统计	按排放标准统计									
车队构成	车流分布	车速分布	ID	类型	区域	星期	Noa1(g/km)	Noa2(g/km)	Noa3(g/km)	Noa4(g/km)	Noa5(g/km)	Noa6(g/km)	Noa7(g/km)	Noa8(g/km)	Noa9(g/km)	Noa10(g/km)
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	445.891	321.1504	228.772	200.7221	245.734	636.0884	1908.0118	2793.4674	2690.2911	22
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	494.635	374.3903	396.6143	566.7343	573.5134	941.4529	1081.4224	1461.1033	2000.8158	21
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	787.6507	518.8677	892.6188	74.0883	71.8432	74.0883	2593.5735	3604.1046	3893.9719	53
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	284.8429	216.1067	225.9432	320.8677	324.7059	535.2332	624.7533	884.2711	1229.5361	12
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	275.413	177.3829	143.1211	141.8637	156.7354	1045.8564	1362.4757	1284.1741	1477.613	1
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	266.1047	191.0036	136.6219	120.1015	146.0618	376.0478	1163.8444	1028.4729	1774.5915	13
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	210.1802	194.0465	127.1413	119.567	139.3533	324.6251	1095.9303	1568.7234	1210.9781	12
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	305.7116	205.936	343.8191	28.7384	27.8675	28.7384	982.989	1347.0223	1653.2431	16
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	303.8594	193.68	150.1022	127.1064	149.3562	318.293	901.2795	1180.8291	668.7296	15
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	772.7144	489.7762	382.3919	322.7532	374.559	794.6185	2204.1739	3116.5343	1809.9185	45
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	721.3181	465.1763	375.7165	371.4109	410.0648	2754.7678	3646.5899	3501.2446	4094.8612	4
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	898.3768	608.8357	495.8856	437.8707	458.8113	892.1556	1515.0252	2619.6828	3188.4562	46
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	745.0533	565.5103	589.8766	836.8623	846.8726	1396.8794	1635.1239	2339.721	3267.4299	34
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	256.4903	183.4917	131.7701	116.0584	140.2418	359.2944	1151.6069	2064.4623	2026.5359	14
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	203.5149	187.813	122.9787	111.0638	133.9881	310.9129	1066.6627	1636.6079	1240.5336	12
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	293.5953	198.4319	338.4049	28.148	27.295	28.148	963.4916	1353.7005	1409.5336	19
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	294.7546	187.1202	145.7903	123.167	143.4204	304.615	872.141	1175.5302	676.3847	16
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	171.4326	158.327	103.7909	94.8956	114.3358	267.2793	890.4502	1213.442	958.6756	
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	248.5459	168.6519	277.2616	23.246	22.9415	23.246	791.7488	1074.9	968.7803	12
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	284.6143	182.7069	147.0405	146.7652	162.8199	1066.0346	1404.5944	2003.8017	1316.7195	14
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	256.4903	183.4917	131.7701	116.0584	140.2418	359.2944	1151.6069	2064.4623	2026.5359	14
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	343.2131	232.5506	189.6503	167.5564	175.5939	341.9679	880.22	995.5621	1203.9293	17
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	284.8429	216.1067	225.9432	320.8677	324.7059	535.2332	624.7533	884.2711	1229.5361	12
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	355.2073	240.5496	196.8432	174.5764	182.6055	357.2069	604.5602	1017.1108	1212.2077	15
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	690.3625	223.8254	235.5235	335.4596	339.4722	598.4734	646.7326	892.1829	1228.6032	13
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	276.7601	479.2826	344.6799	303.8008	386.2437	936.7434	3044.801	571.3905	5644.3299	38
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	533.1458	491.9305	322.0336	290.1599	390.0857	811.2562	2800.0431	4647.5939	3330.6329	33
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	203.5149	187.813	122.9787	111.0638	133.9881	310.9129	1066.6627	1636.6079	1240.5336	12
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	293.5953	198.4319	338.4049	28.148	27.295	28.148	963.4916	1353.7005	1409.5336	19
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	294.7546	187.1202	145.7903	123.167	143.4204	304.615	872.141	1175.5302	676.3847	16
车队构成_20130202_车流分布	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	(16北 速度特征	275.413	177.3829	143.1211	141.8637	156.7354	1045.8564	1362.4757	1284.1741	1477.613	1

图 3-20 “原始数据”界面

模型软件可以直接通过“原始数据”界面来查看计算结果，而不必通过导出输出结果文件后，再查看结果文件。

□ “小时排放统计图”界面，如图 3-21，图 3-22 所示。

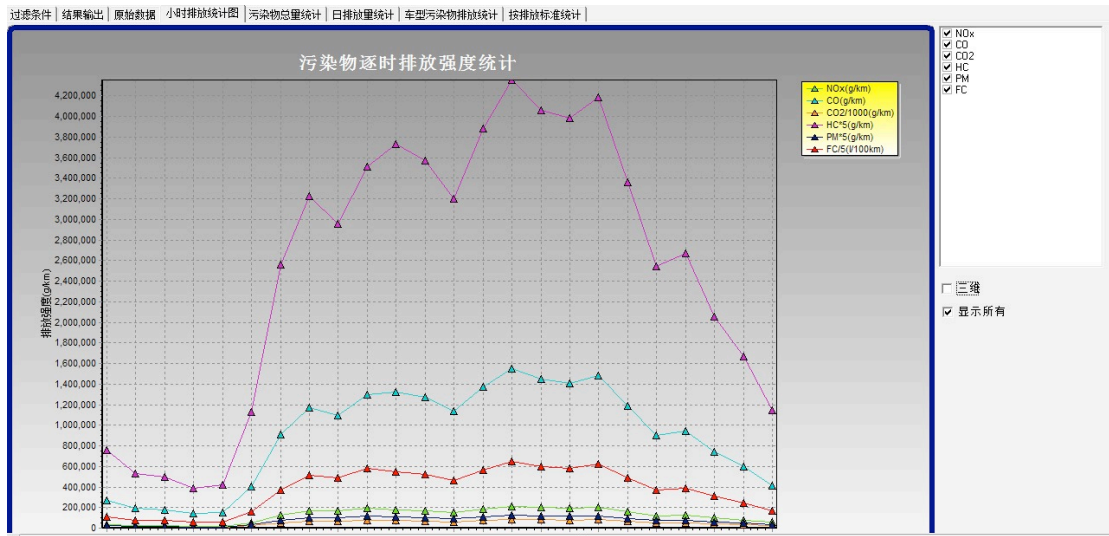


图 3-21 “小时排放统计图”二维显示界面

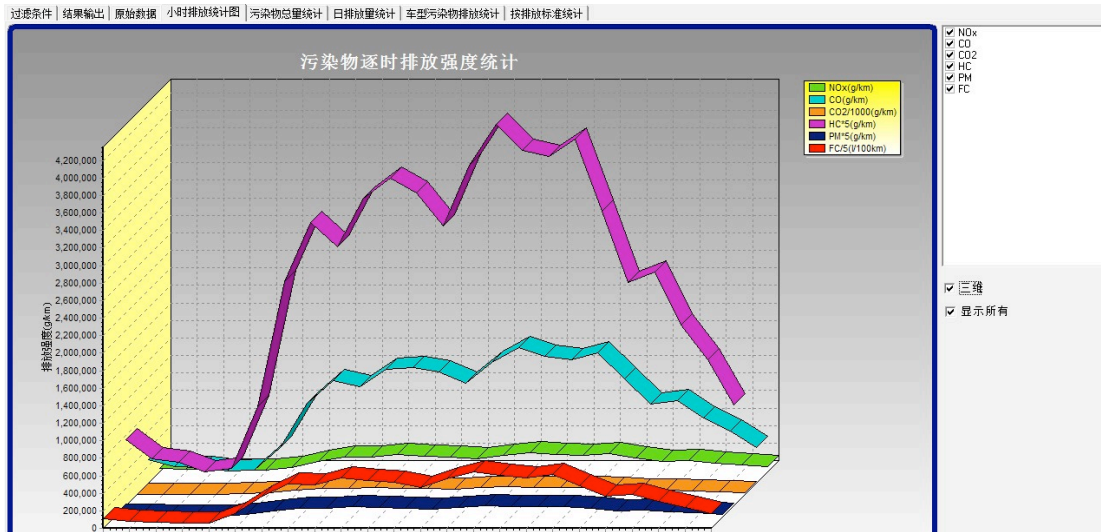


图 3-22 “小时排放统计图” 三维显示界面

“小时排放统计图”是针对污染物进行逐小时排放强度进行统计，图 3-21、3-22 的横坐标是时间（24 小时），纵坐标是排放强度（单位 g/km）。

□ “污染物总量统计”界面，如图 3-23、3-24 所示。

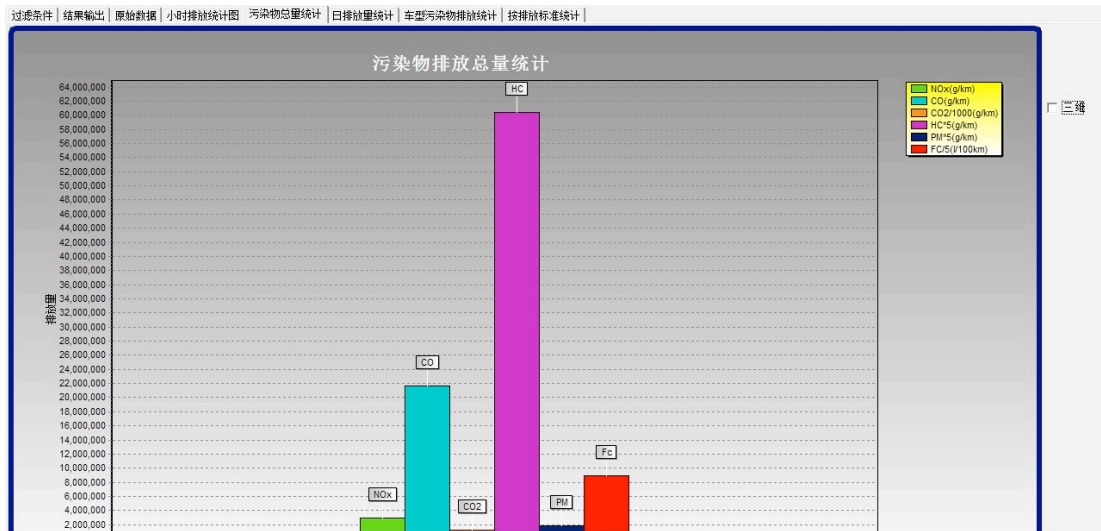


图 3-23 “污染物总量统计” 二维显示界面

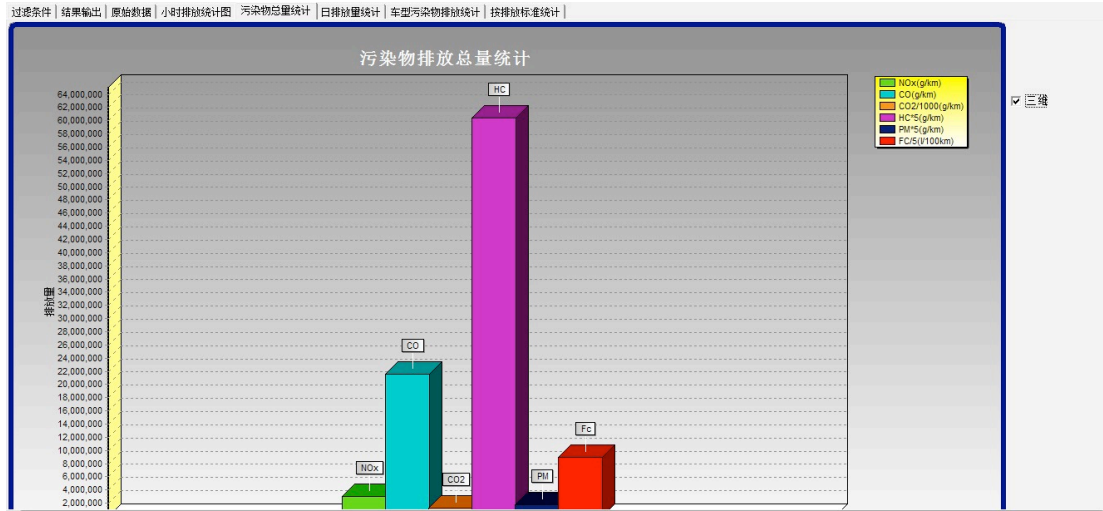


图 3-24 “污染物总量统计” 三维显示界面

“污染物排放总量统计”是以  $\text{NO}_x$ 、CO、 $\text{CO}_2$ 、HC、PM、FC 这五种污染物和油耗为横坐标，以排放量为纵坐标，对污染物排放总量进行比较统计。

□ “日排放量统计” 界面，如图 3-25/26 所示。

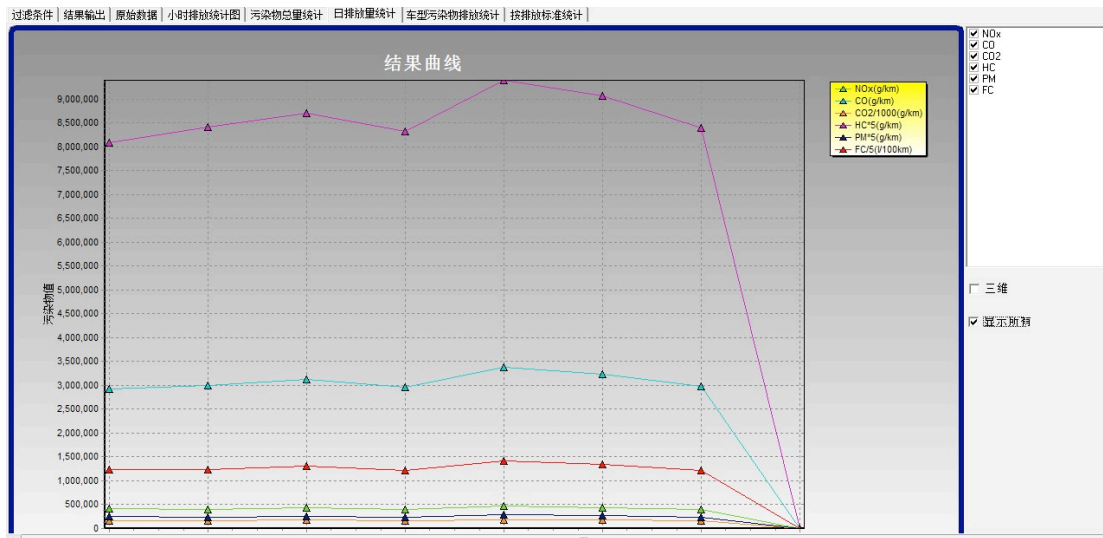


图 3-25 “日排放量统计” 二维显示界面



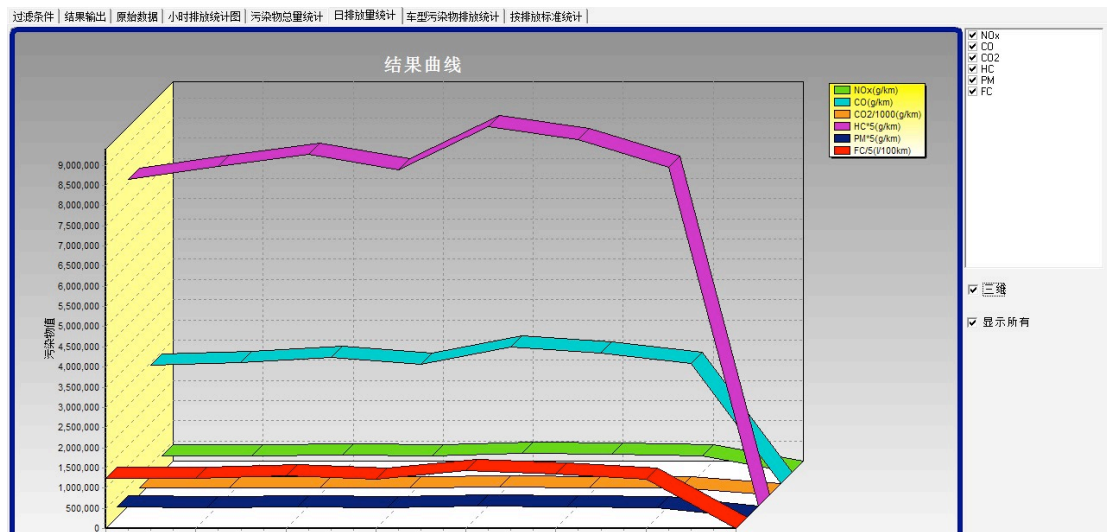


图 3-26 “日排放量统计” 三维显示界面

“日排放量统计”界面是以周一到周日以及节假日共 8 个典型日为横坐标，以污染物排放量为纵坐标，对五种常规污染物（NO<sub>x</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、HC、PM）和油耗（FC）进行统计比较。

□ “车型污染物排放统计”界面，如图 3-27 所示。

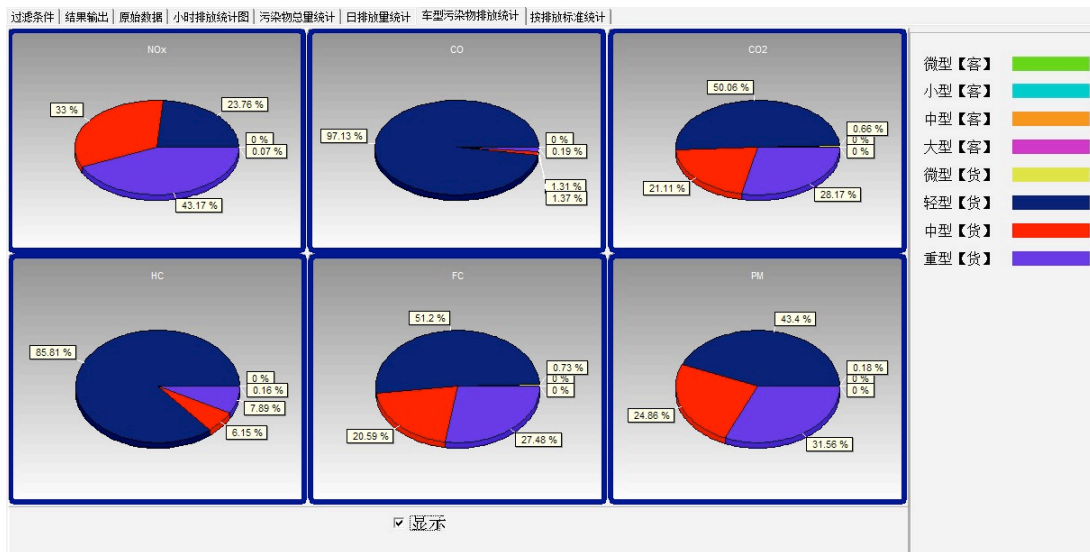


图 3-27 “车型污染物排放统计” 界面

“车型污染物排放统计”界面通过饼图的形式，按照不同车型对污染物排放贡献进行分类统计比较。

### 3.5.4 “情形分析”子模块

“情形分析”子模块主要分三部分：情形设计、情形分析、效果分析。

□ “情形设计”界面，如图 3-28 所示。

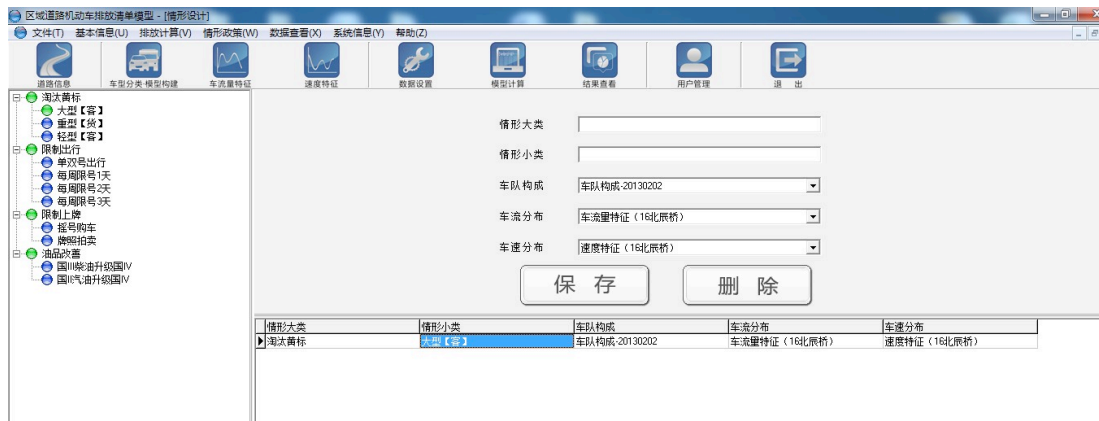


图 3-28 “情形设计”界面

“情形设计”界面的主要功能是通过设计限行、淘汰黄标车、限购、改善油品等一系列政策措施情形，并选取相应的道路配置相关数据。

□ “情形分析”界面，如图 3-29 所示。

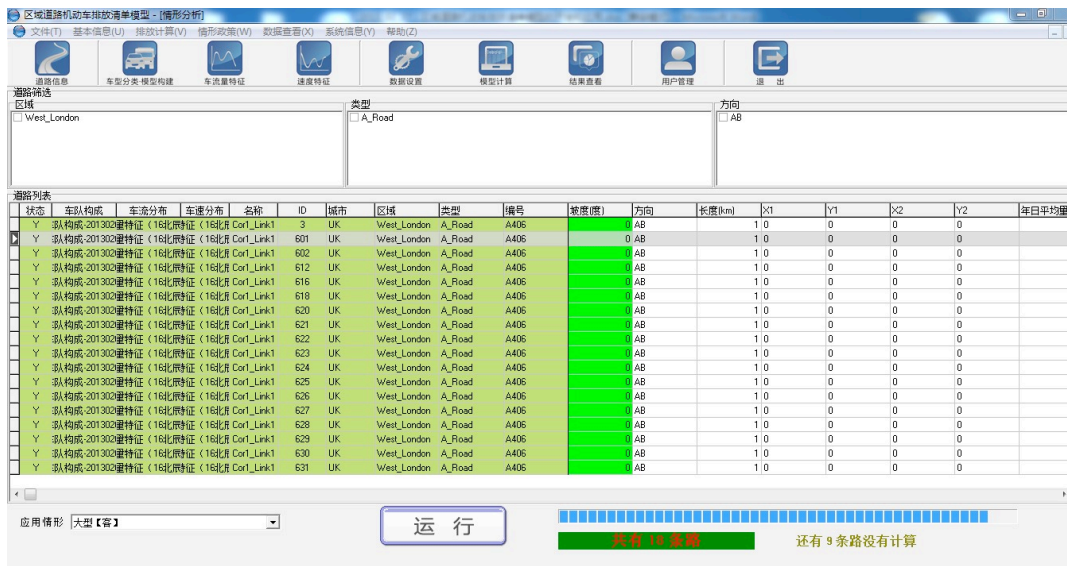


图 3-29 “情形分析”界面

“情形分析”界面通过使用设计好的政策情形，应用到相应的区域道路上进行计算，所设计的政策情形就会在“效果分析”界面中所体现。

□ “效果分析”界面，如图 3-30 所示。

## 机动车道路排放区域清单模型研究

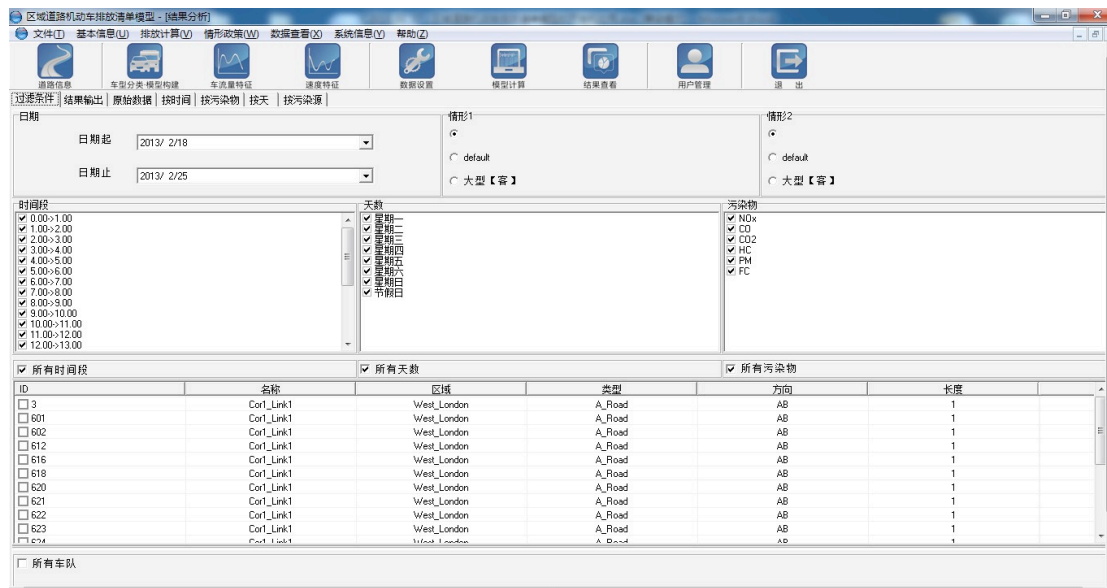


图 3-30 “效果分析”界面

“效果分析”界面和“结果查看”子模块相类似，都是对于前一步的运算结果进行输出查看分析，不同之处在于“效果分析”界面是针对应用配置政策情形后的区域道路进行运算，并且增加对于政策情形的过滤条件。

## 第 4 章 区域道路机动车排放清单模型的应用

### 4.1 模型运转的模拟演示

本节对本项目开发的区域道路机动车排放清单模型进行模拟演示。针对模型登陆，模型数据输入、模型数据配置、模型运行计算、模型结果查看等各个环节逐一介绍演示。

#### 4.1.1 模型登陆

模型登陆界面如图 4-1 所示。



图 4-1 模型登陆窗口

输入账户名和密码后，即可进入模型首页，如图 4-2 所示。

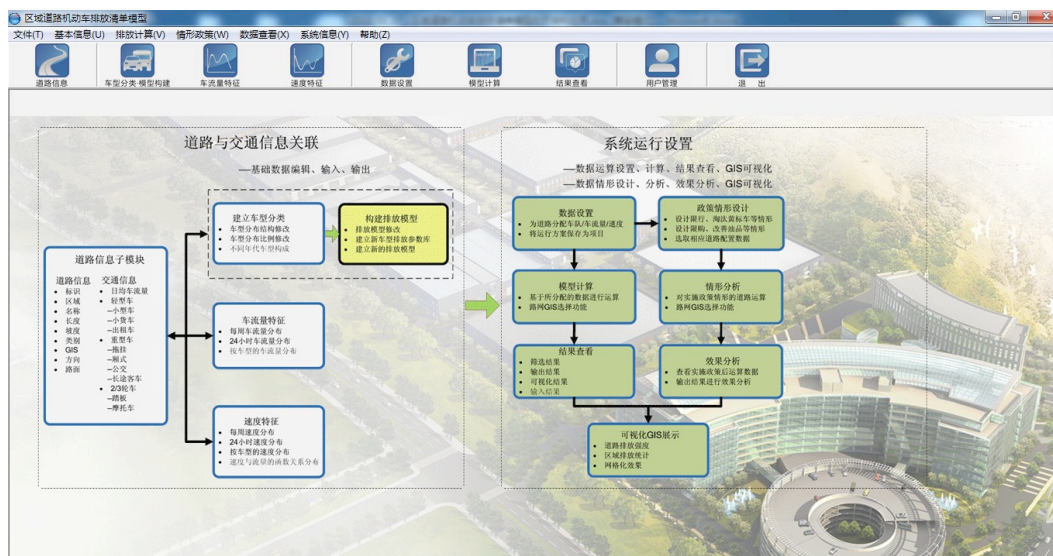




图 4-2 模型首页界面

模型首页主要有两个重要区域：一是包括菜单栏上的功能图标（道路信息、车型分类-模型构建、车流量特征、速度特征、数据设置、模型计算、结果查看、用户管理、退出）；二是首页中心区域呈现了一个流程图，对本模型的整体设计框架进行了详细的介绍。

### 4.1.2 输入道路交通信息数据




点击菜单栏图标 ，进入“道路信息”子模块界面。点击图标  导入道路交通信息数据，如图 4-3 所示。

名称	ID	城市	区域	类型	编号	横坡度(%)	方向	长度(厘米)	X1	Y1	X2	Y2	每日车流量	平均速度(千米/小时)	私家车	数货汽车	摩托
Car1_Link1	3	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	21955	955	0
Car1_Link1	801	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	28	12093	1254	0
Car1_Link1	602	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	15	22093	1381	0
Car1_Link1	612	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	18	9381	541	0
Car1_Link1	616	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	18	9381	541	0
Car1_Link1	618	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	34	10640	522	0
Car1_Link1	620	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	33	11215	811	0
Car1_Link1	621	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	12	435	97	0
Car1_Link1	622	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	12	435	97	0
Car1_Link1	623	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	12	435	97	0
Car1_Link1	624	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	12	435	97	0
Car1_Link1	625	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	16	7769	565	0
Car1_Link1	626	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	8	2442	308	0
Car1_Link1	627	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	8	4884	616	0
Car1_Link1	629	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	16	7769	565	0
Car1_Link1	629	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	16	7769	565	0
Car1_Link1	630	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	30	27216	1230	0
Car1_Link1	631	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	30	27216	1230	0
Car1_Link1	632	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	26	7119	594	0
Car1_Link1	633	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	18	19642	1186	0
Car1_Link1	634	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	22	9540	266	0
Car1_Link1	635	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	35	17046	474	0
Car1_Link1	636	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	35	17046	474	0
Car1_Link1	637	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	26	7119	594	0
Car1_Link1	638	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	35	17046	474	0
Car1_Link1	639	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	36	0	87	0
Car1_Link1	640	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	36	0	87	0
Car1_Link1	641	UK	West_Lond_A_Road	A406	0	AB	1	0	0	0	0	0	0	36	0	87	0

图 4-3 输入道路交通信息数据



### 4.1.3 输入车型分类构成和排放模型参数库

点击菜单栏图标 ，进入“车型分类-模型构建”子模块界面。在车型分类构成编辑区域点击图标  导入车型分类构成文件，在排放模型的编辑区域点击图标  导入排放模型参数库数据，如图 4-4 所示。

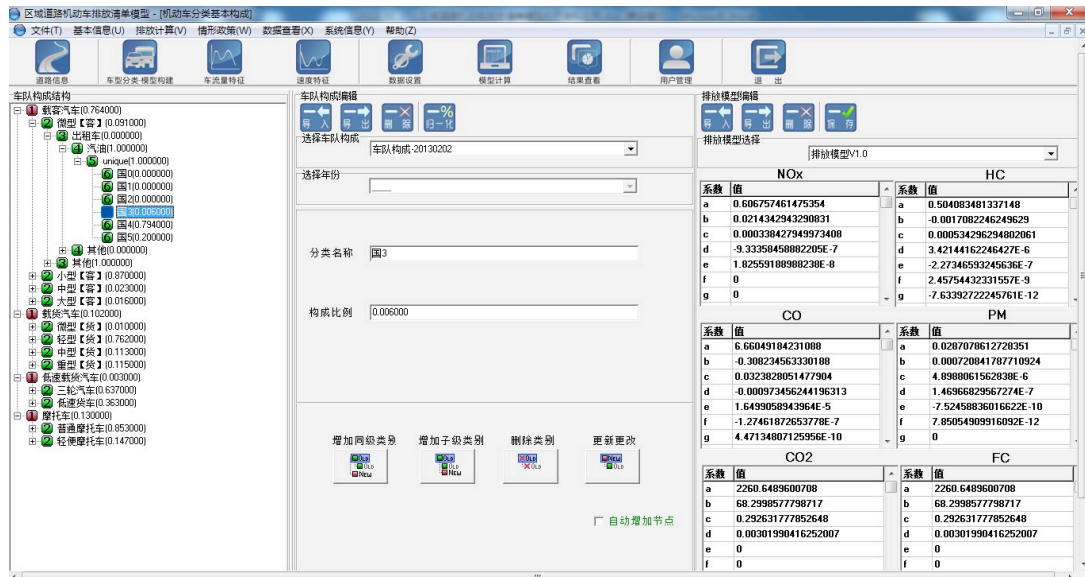




图 4-4 导入车型分类构成和排放模型参数库

### 4.1.4 输入车流量特征数据

点击菜单栏图标 ，进入“车流量特征”子模块界面。点击图标  导入车流量特征数据，如图 4-5 所示。

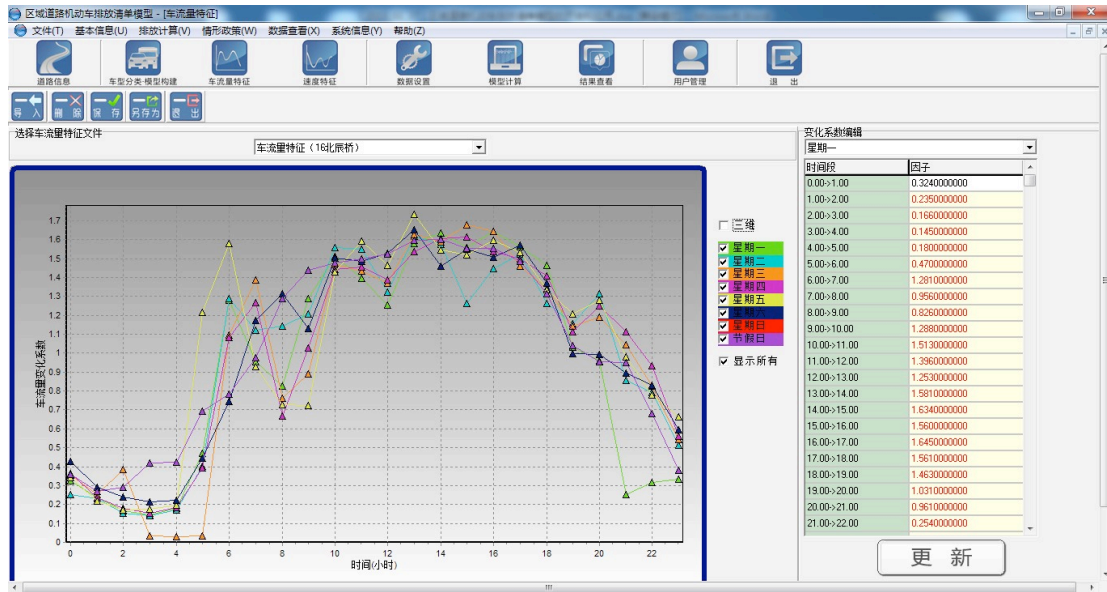




图 4-5 导入车流量特征数据

### 4.1.5 输入速度特征数据

点击菜单栏图标 ，进入“速度特征”子模块界面。点击图标  导入速度特征数据，如图 4-6 所示。

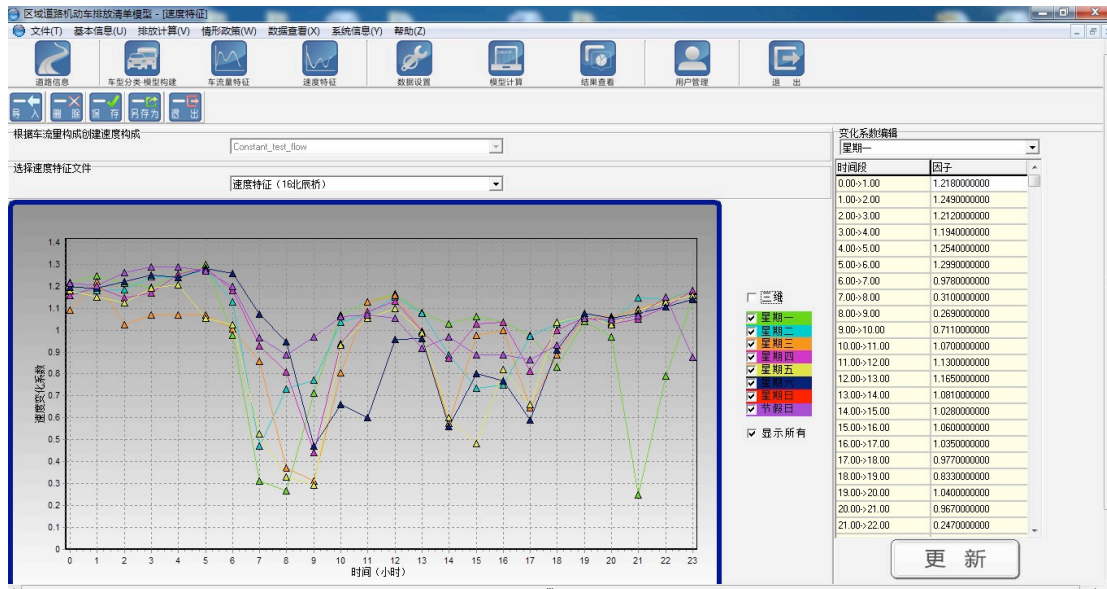


图 4-6 导入速度特征数据

### 4.1.6 数据设置



点击菜单栏图标 ，进入“数据设置”子模块界面。通过筛选条件选取特定的区域道路，点击下拉菜单选择车型分类构成、车流量特征和速度特征为所选道路分配交通数据。最后选择希望运行计算的道路，点击按钮“运行选中”，如图 4-7 所示。



图 4-7 数据设置

### 4.1.7 模型运行计算

点击菜单栏图标 ，进入“模型运行计算”子模块界面，点击按钮“运行”后将对前一子模块所选择的区域道路进行模拟计算，如图 4-8 所示。



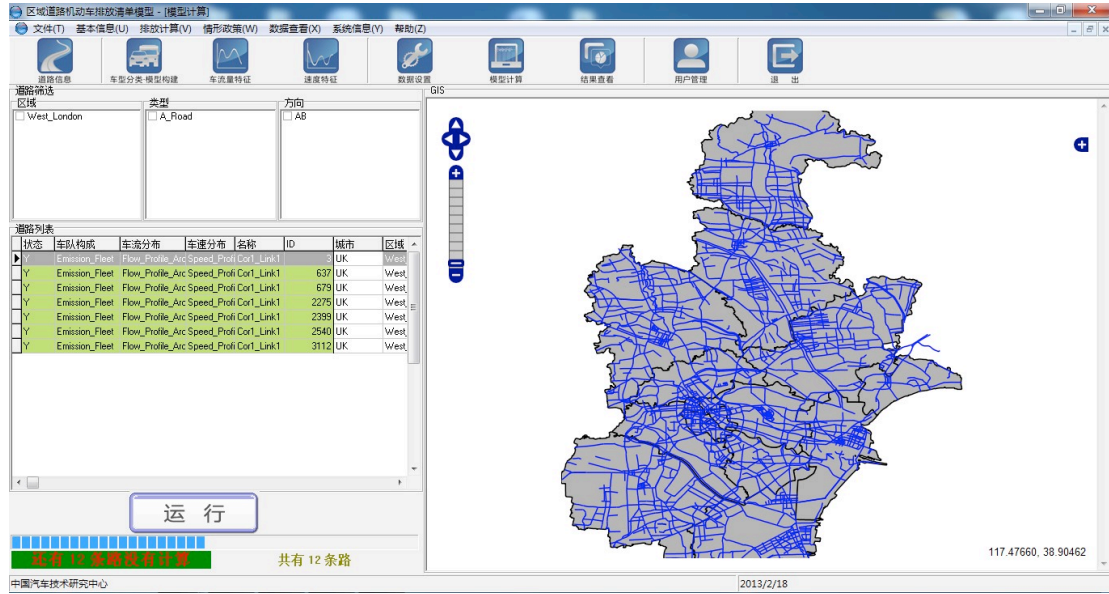



图 4-8 模型运行计算

### 4.1.8 结果查看

点击菜单栏图标 , 进入“结果查看”子模块界面, 通过进行“过滤条件”、“结果输出”等操作, 即可查看模型输入计算的原始数据以及污染物按照逐小时排放统计、日排放统计、排放总量统计、分车型排放统计等多种排放统计形式, 如图 4-9 至图 4-12。

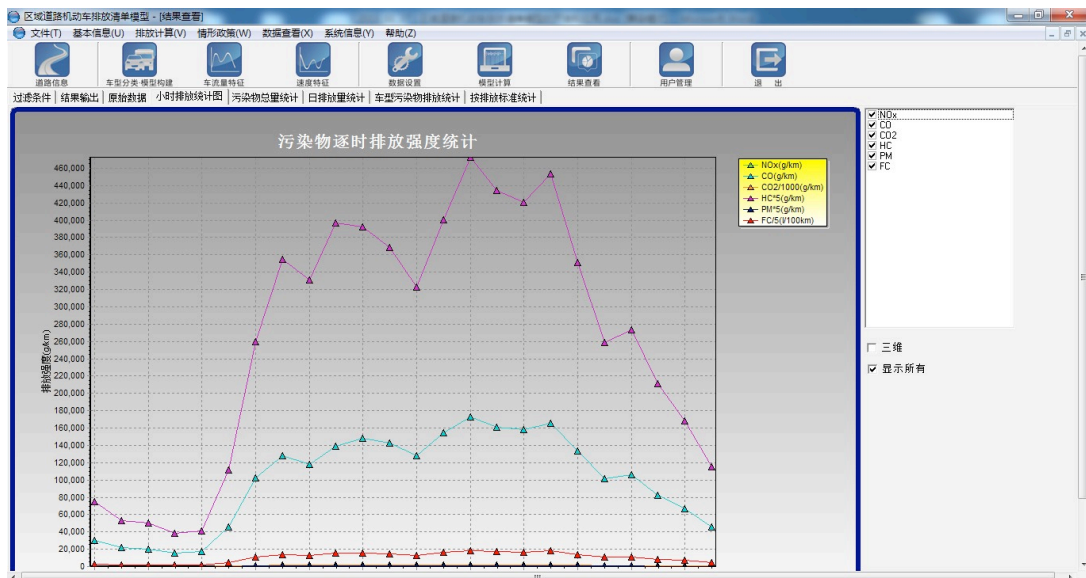


图 4-9 “结果查看”——逐小时排放强度统计

## 机动车道路排放区域清单模型研究

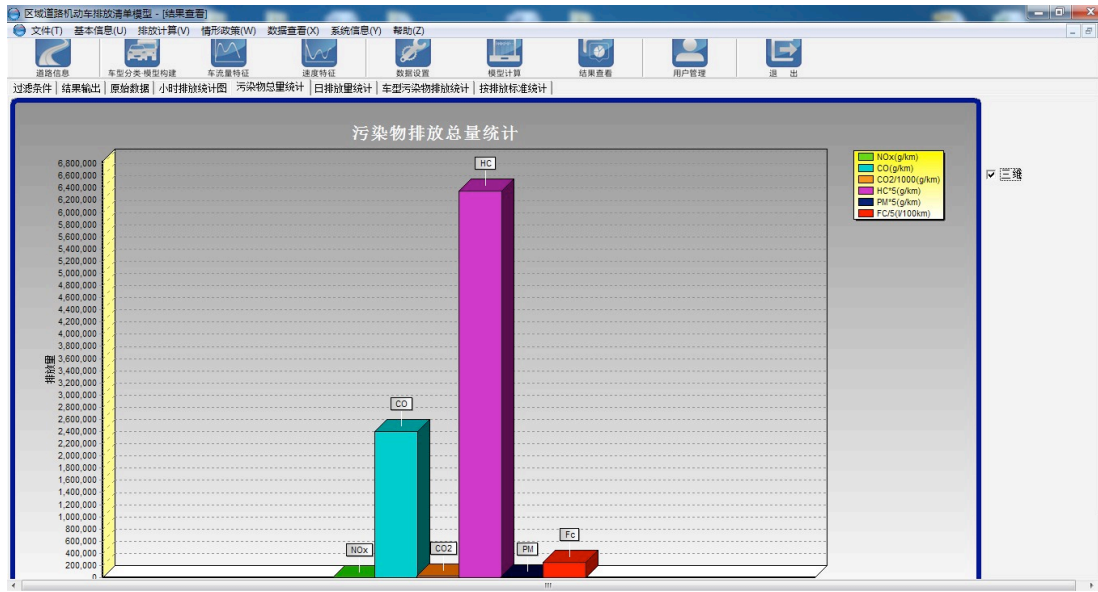


图 4-10 “结果查看”——污染物排放总量统计

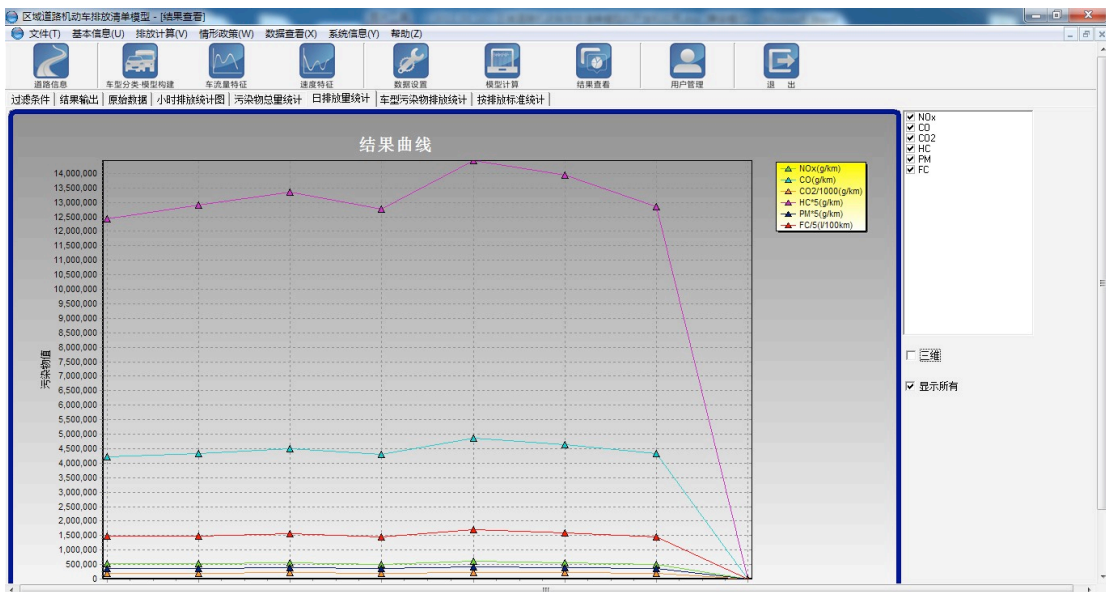


图 4-11 “结果查看”——污染物日排放量统计

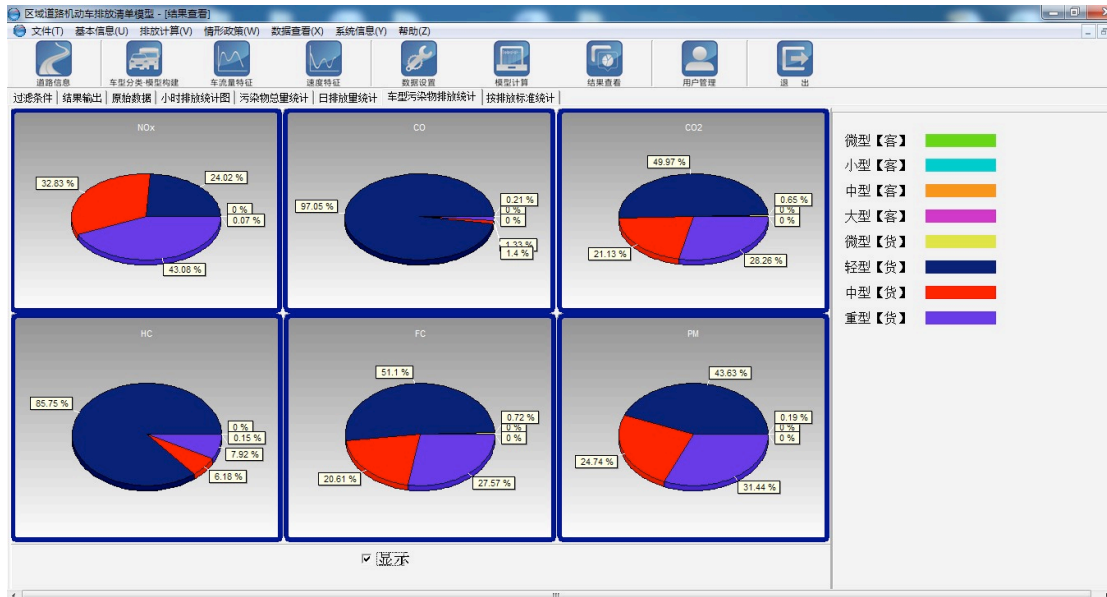


图 4-12 “结果查看”——分车型污染物排放量统计

## 4.2 区域机动车动态污染显示系统

区域道路机动车排放清单模型开发完成后，结合自主开发的道路机动车交通流信息采集系统以及区域路网 GIS 信息系统，将模型其作为内核进行集成建立起区域机动车动态污染显示系统。

区域机动车动态污染显示系统主要有四部分组成，依次为：道路交通流信息采集子系统、环境信息采集子系统、道路机动车动态排放统计子系统和道路机动车 GIS 显示子系统。以上四部分通过一台服务器和四分屏显示器进行展示。四个屏幕的编号和排列顺序如图 4-13 所示。本章节将对这四个子系统进行逐一介绍。

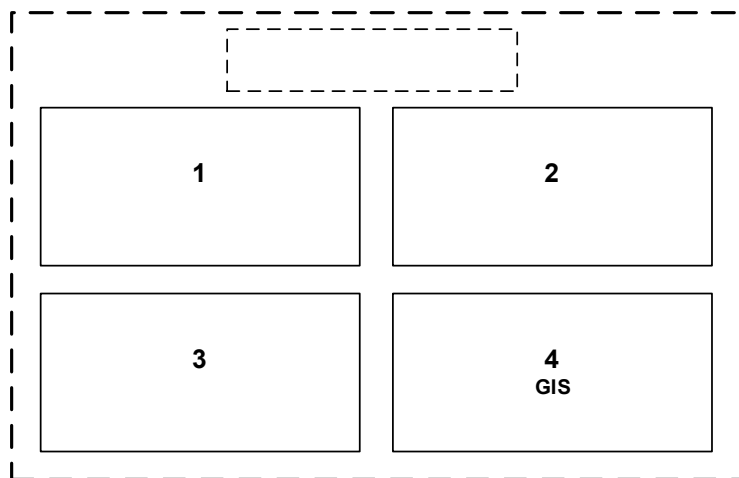


图 4-13 四分屏显示顺序及内容

## 4.2.1 道路交通流信息采集子系统

道路交通流信息采集子系统的界面如图 4-14 所示。

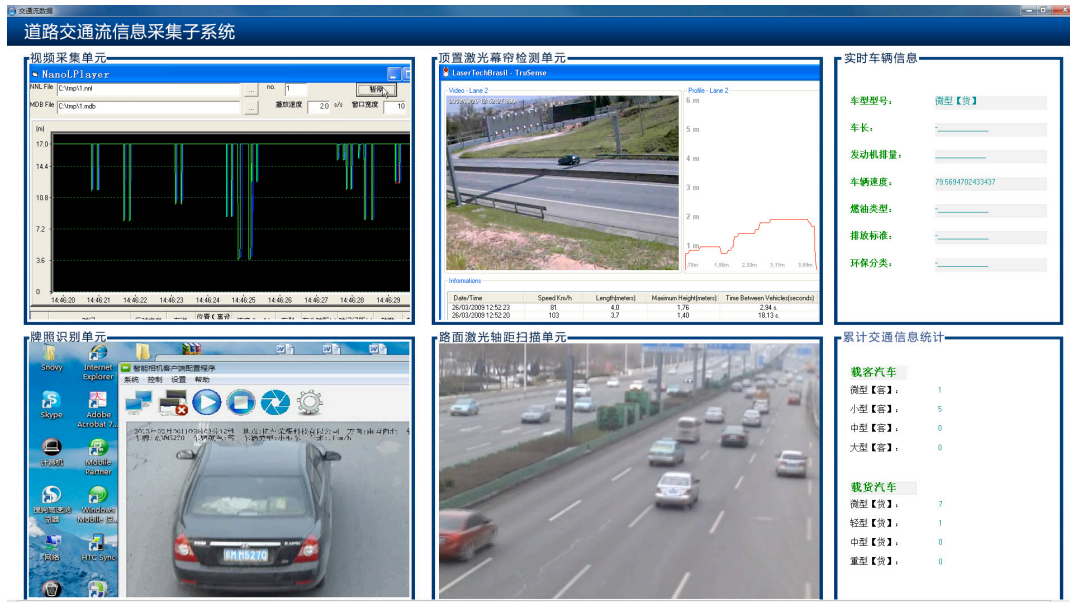


图 4-14 “道路交通流信息采集子系统”界面

为建立道路交通流信息采集子系统，本项目课题组层研发了多种技术方法，主要有：  
 □ 视频采集单元（视频图像检测器）：通过在道路旁设置视频图像采集装置，在获取视频数据的同时，根据开发的软件算法，识别所摄录机动车的车型分类；  
 □ 顶置激光幕帘检测单元：通过在道路上方（如在道路龙门架上）安装激光幕帘扫描装饰，扫描道路机动车的车型外貌特征，从而获取车型分类信息数据；  
 □ 牌照识别单元：通过 RFID 和牌照识别系统等技术手段，利用交管局的车型数据库，实时准确的获取道路上机动车车型分类信息数据；  
 □ 路面激光轴距扫描单元：通过自主开发的路侧激光交通调查仪，安装在道路一侧，采用激光扫描技术，按轴距分型，可以划分获得 13 种以上的车型信息数据。

道路交通流信息采集子系统的界面主要由 6 个部分组成，分别为：视频采集单元、顶置激光幕帘检测单元、牌照识别单元、路面激光轴距扫描单元、实时车辆信息、累计交通信息统计。

## 4.2.2 环境信息采集子系统

环境信息采集子系统的界面如图 4-15 所示。



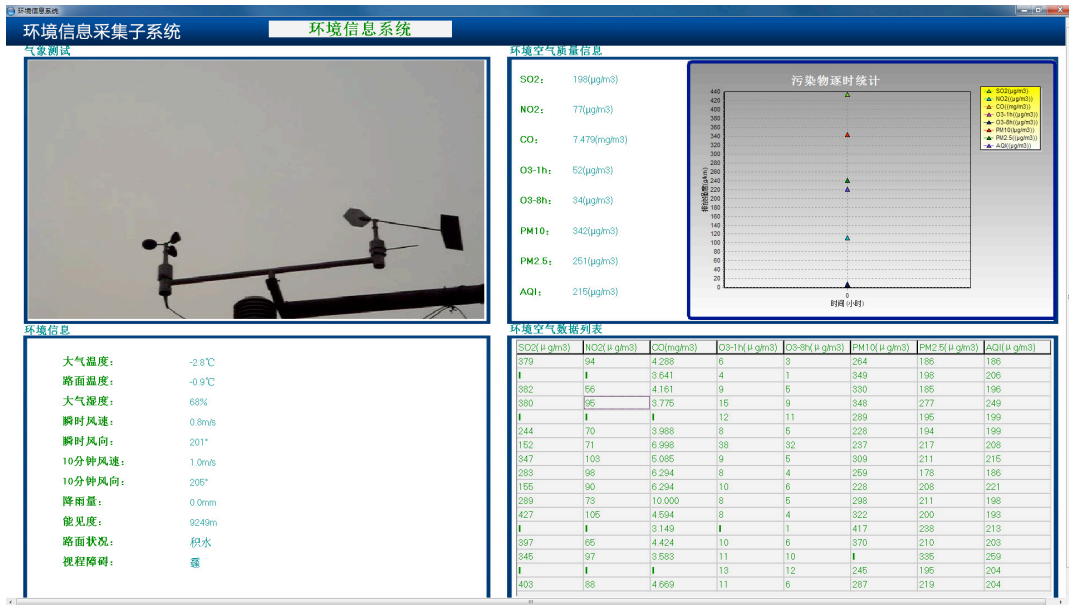


图 4-15 “环境信息采集子系统”界面

环境信息采集子系统的界面主要由 4 部分组成，分别为：气象测试视频、环境空气质量信息、环境信息、环境空气数据列表。本子系统主要是反映当前环境下外部环境条件以及空气质量参数等实时信息。

### 4.2.3 道路机动车动态排放统计子系统

道路机动车动态排放统计子系统的界面如图 4-16 所示。

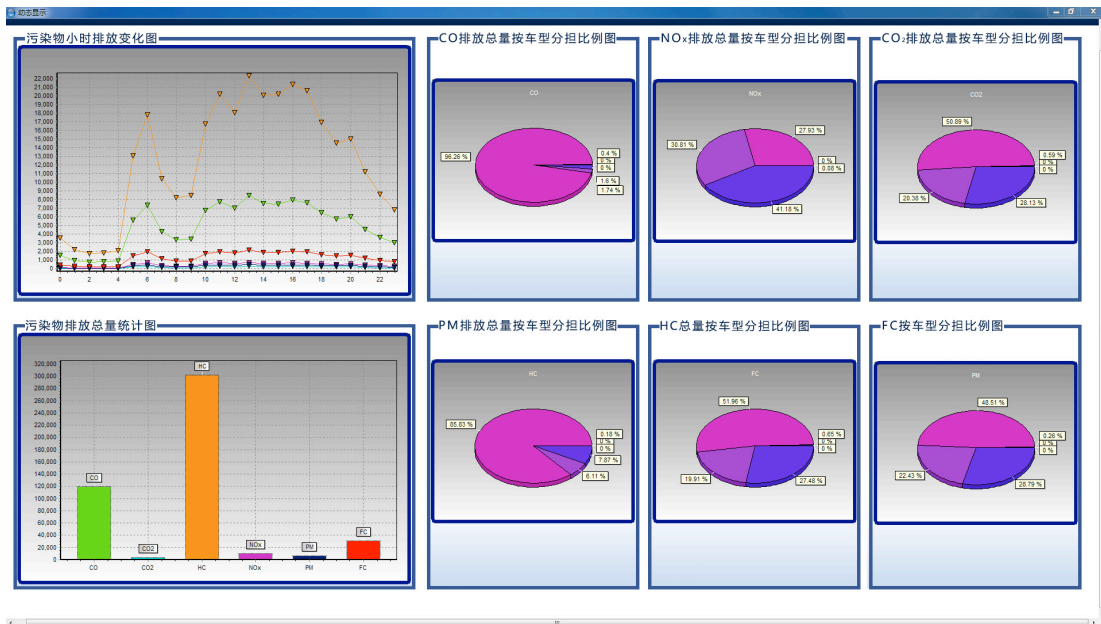


图 4-16 “道路机动车动态排放统计子系统”界面

道路机动车动态排放统计子系统是基于区域道路机动车排放清单模型而建立的。模型软件是基于 Windows 平台的快速应用程序开发工具 Delphi 进行开发的，数据库平台为 SQL Server。技术核心是基于已建立的机动车排放数学拟合模型，采用面向对象设计思想和组件技术，结合天津市机动车分类构成和机动车道路实际活动水平，进行以平均速度为特征的机动车排放实时模拟计算。

道路机动车动态排放统计子系统界面主要由 8 个区域构成，分别为：污染物小时排放变化图、污染物排放总量统计图、CO 排放总量按车型分担比例图、NO<sub>x</sub> 排放总量按车型分担比例图、CO<sub>2</sub> 排放总量按车型分担比例图、PM 排放总量按车型分担比例图、HC 排放总量按车型分担比例图、FC 排放总量按车型分担比例图。

#### 4.2.4 道路机动车 GIS 显示子系统

道路机动车 GIS 显示子系统的界面如图 4-17 所示。

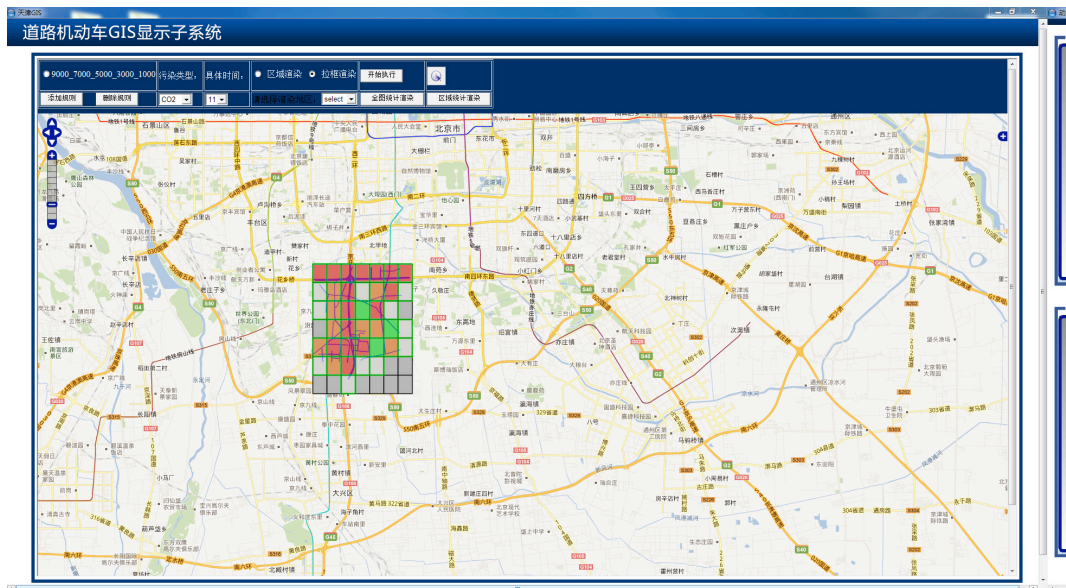


图 4-17 “道路机动车 GIS 显示子系统”界面

选定某个城市某个区域，在其主干道路上根据实际情况设置若干道路交通流信息采集系统，采集实时道路交通流信息数据，获取实时的道路车流分型新数据后，通过无线传输手段，将数据实时上传到服务器，道路机动车动态排放统计子系统进行运算，一方面直接通过某些统计方式（如排放曲线和饼图等形式）呈现出来，另一方面可以利用路网 GIS 技术手段，在 GIS 地图上显示格栅排放统计结果。

## 第 5 章 总结和建议

### 5.1 总结

项目课题组完成的研究内容主要有：

□建立了基于排放特征的机动车环保车型分类

区域道路机动车排放清单模型中应用的六层树状结构车型分类兼顾了我国环保部和交通部的现有的车型分类方法以及未来可能出现的交通环境政策节点，是为满足机动车污染防治工作要求而建立的。

□建立了机动车车型分类的机动车道路活动水平数据库

针对本项目模型的车型分类构成，建立了六层各类车型的道路活动水平数据库。从而为排放模型模拟计算中划分各类车型在道路上活动水平奠定了基础。

□建立了以平均速度为特征的机动车排放数学模型和模型参数库

通过对大量已有的实测排放数据进行数据处理，数学拟合产生了本项目的排放模型六项式函数，并对应于已建立的车型分类构成，建立了五种常规污染物（NO<sub>x</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、HC、PM）和油耗（FC）的排放模型参数库。

□建立了区域道路机动车排放清单模型软件

基于 Windows 平台的快速应用程序开发工具 Delphi 和数据库平台 SQL Server，采用面向对象设计思想和组件技术，建立了人机友好型操作界面，易于开发者和使用者具体操作应用的区域道路机动车排放清单模型软件。

□建立了道路交通信息流数据采集系统

研发了视频图像检测器、顶置激光幕帘扫描仪和路侧激光交通调查等多种技术手段以获取道路机动车交通信息流数据。

□建立了区域路网机动车 GIS 信息系统

通过地理信息系统 GIS 等技术手段，实现区域道路排放输出结果的格栅排

放统计、动态排放统计等功能。

综上所述，项目课题组已初步开发出一套科学有效的量化工具系统（区域道路机动车排放清单模型以及由四个子系统集成的区域机动车动态污染显示系统）。此工具系统可用于模拟城市区域或者街道的机动车污染物排放规律和特征，进而从改善空气质量的角度上，针对我国机动车污染防治工作向决策者提供真正意义上的指导和技术支撑。

## 5.2 建议

本项目建立的区域道路机动车排放清单模型以及区域机动车动态污染显示系统的研究工作是一项专业性强、多学科多领域交叉的复杂系统工程。由于受工作时间、人员、经费等相关因素的限制，本项目的工作仍有许多需要进一步进行研究的领域。主要包括：

### □机动车排放模型系统本地化以及验证工作

机动车排放模型已经建立，如何能够将其应用到各大中城市，成为这些城市开展机动车污染防治工作实用的科学化工具系统。此外，模型本地化之后，如何进行科学的验证工作，校验模型系统运算的科学性、准确性是一项重要的研究工作。

### □机动车排放模型以及区域机动车动态污染显示系统的改进工作

区域道路机动车排放模型采用 C/S 版还是 B/S 版（网络还是单机）；未来动态污染显示系统的运行要求（刷新频率、范围）；道路交通流信息数据获得的方式及途径（如何利用并组合已有的资源和相关技术手段）；道路 GIS 图层的获取来源及精细程度（版权问题，工况调查）；未来系统得到广泛应用后，是否需要使用新的系统开发语言平台及运行环境（C#.NET）。

### □区域机动车动态污染显示系统的应用推广

为了体现将本项目的科研工作价值，产生经济效益和社会效益，尽快使项目成果得到应用和为机动车污染防治工作的管理部门提供科技服务和技术支撑，需要加快本系统的应用推广工作。



## 致 谢

美国能源基金会科研项目“机动车道路排放区域清单模型研究”（编号：G-1109-14839）是由中国汽车技术研究中心的毛洪钧、仲崇智以及南开大学的吴琳、荆博宇、张启钧共同完成的。

在此由衷的感谢美国能源基金会在科研经费方面的大力支持。感谢美国能源基金会交通项目主任龚惠明先生、交通项目经理辛焰女士在项目研究工作过程中给予的支持和帮助。

此外，感谢环保部机动车排污监控中心(VECC)、英国交通研究院(TRL)以及中国汽车技术研究中心各位领导和同事在研究工作中给予的帮助。

## 参考文献

- [1] 袁洁, 张世达. 以电子环保标志为载体构建物联网机动车污染控制体系[J]. 环境监控与预警, 2011,3(1),54-56.
- [2] 郝艳召, 邵春福, 于雷, 等. 交通路网中重型柴油车油耗和排放多层次分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2002,10(5), 123-129.
- [3] 冯淑慧, 何卉, Benjamin Sharpe, 等. 中国机动车排放控制措施评估—成功经验与未来展望[R]. 国际清洁交通委员会 (ICCT), 2010.
- [4] 方茂东, 郑贺悦. 基于碳平衡法的汽车油耗测量方法[J]. 汽车工程, 2003,25(3), 295-297.
- [5] 中华人民共和国环境保护部. 中国机动车污染防治年报[R]. 2012.
- [6] 孙德智, 等. 城市交通道路环境空气质量检测与评价[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.
- [7] 张力军. 中国机动车污染防治年报[R]. 2011.
- [8] 霍红, 贺克斌, 王岐东. 机动车污染排放模型研究综述[J]. 环境污染与防治, 2006,28(7): 526-530.
- [9] 叶身斌. 运用 IVE 模型计算天津市机动车排放因子[D]. 北京工商大学硕士学位论文, 2007.
- [10] 郝吉明, 傅立新, 贺克斌, 等. 机动车行驶中尾气排放的遥感测量及排放因子的估算[J]. 内燃机学报, 2003, 21
- [11] 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.
- [12] 毕晔, 葛蕴珊, 韩秀坤. 基于 MOBILE6.2 的北京市出租车排放污染物分析[J]. 安全与环境学报, 2007,7(2): 115-119.
- [13] EPA US. User's Guide to MOBILE6.1 and MOBILE 6.2: Mobile Source Emission Factor Model[M]. 2003.
- [14] 李冬梅, 刘冲, 李朝旭, 等. 盘锦冬季城区机动车污染物排放模拟研究[J]. 气象与环境学报, 2006,22(3): 20-23.
- [15] 刘恩栋. 武汉市机动车排放因子的确定[J]. 环境与开发, 2000,15(3): 36-37.
- [16] 林秀丽, 丁焰, 汤大钢. MOBILE6.2 中车队特征和平均速度对机动车尾气排放的影响[J]. 环境科学导刊, 2008,27(3): 11-13.
- [17] 王文, 于雷, 刘鹏, 等. 中巴车实测排放因子和 MOBILE6 预测值的对比分析[J]. 交通环保, 2005,26(3): 40-43.
- [18] 万涛, 于雷, 裴文文, 等. 捷达车实测排放因子和 MOBILE6 预测值的对比分析[J]. 交通环保, 2005,26(2): 11-14.
- [19] 张承中, 张鹏飞, 刘立忠. 北方城市机动车排放因子简化模型的确定[J]. 山西建筑, 2007,33(6): 346-347.
- [20] 黄琼, 于雷, 杨方, 等. 机动车尾气排放评价模型研究综述[J]. 交通环保, 2003,24(6): 28-31.
- [21] 王海鲲, 陈长虹, 黄成, 等. 应用 IVE 模型计算上海市机动车污染物排放[J]. 环境科学学报, 2006,26(1): 1-9.
- [22] International Vehicle Emission Model[EB/OL], <http://www.issrc.org/ive>.
- [23] 崔仲华. 基于 MOBILE5 模式的宁波市机动车排放因子和控制对策研究[D]. 宁波大学硕士学位论文, 2008.
- [24] 黄成, 陈长虹, 戴璞, 等. 轻型柴油车实际道路瞬时排放模拟研究[J]. 环境科学, 2008,29(10): 2975-2982.

- [25] 何春玉. 运用 CMEM 排放模型研究中国城市机动车排放因子[D]. 北京工商大学硕士学位论文, 2005.
- [26] 何春玉, 王岐东. 运用 CMEM 模型计算北京市机动车排放因子[J]. 环境科学研究, 2006,19 (1): 109-112.
- [27] 徐成伟, 吴超仲, 初秀民, 等. 基于 CMEM 模型的武汉市轻型机动车平均排放因子研究[J]. 交通与计算机, 2008.26 (4): 185-188.
- [28] 谢绍东, 宋翔宇, 申新华. 应用 COPERT 模型计算中国机动车排放因子[J].环境科学, 2006,27 (3): 415-419.

## 附录 I：本文专用术语解释

序号	缩写	英文全拼	中文注释
1	GIS	Geographic Information System	地理信息系统
2	CO	carbon monoxide	一氧化碳
3	HC	Hydrocarbon	碳氢化合物
4	NO <sub>x</sub>	nitrogen oxide	氮氧化物
5	PM	Particulate Matter	颗粒物
6	O <sub>3</sub>	Ozone	臭氧
7	VOC	volatile organic compounds	挥发性有机化合物
8	VECC	Vehicle Emission Control Center	环保部机动车排污监控中心
9	CVEM	China Vehicle Emission Model	中国机动车排放模型
10	VSP	Vehicle Specific Power	机动车比功率
11	BEF	Base Emission Rate	基本排放因子
12	EPA	U.S. Environmental Protection Agency	美国国家环境保护局
13	EEA	European Environment Agency	欧洲环保署
14	FTP	Federal Test Procedure	联邦测试程序
15	I/M	Inspection and Maintenance Program	在用车检查与维护
16	DR	Deterioration Rate	劣化系数
17	AADT	Annual Average Daily Traffic	年平均日交通流量
18	RFID	Radio Frequency IDentification	无线射频识别