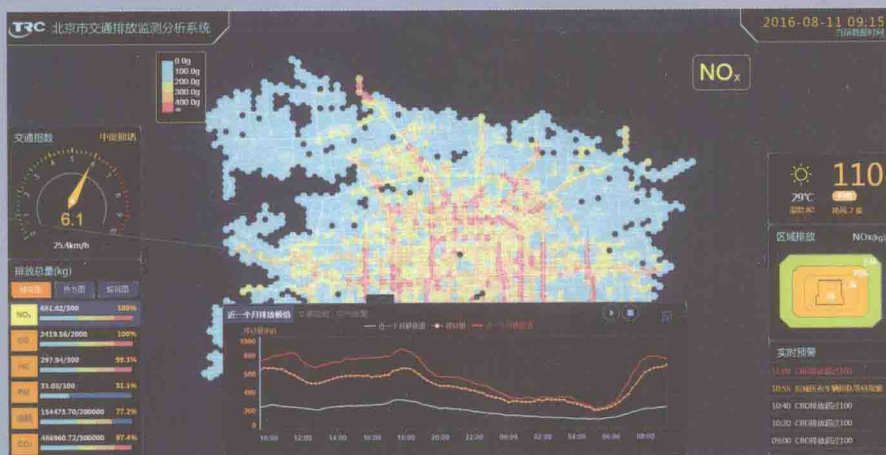


交通排放

评估与实践案例

Case Studies of Transportation Emission
Evaluation and Practice



于雷 宋国华 陈旭梅 郭继孚 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

交通排放评估与实践案例

于 雷 宋国华 陈旭梅 郭继孚 著

人民交通出版社股份有限公司

内 容 提 要

本书结合特定的交通规划、交通管理与控制及驾驶行为策略实际案例,对面向宏观、中观、微观的交通排放评估问题进行了深入的分析和论述。本书由基础方法类实践案例和应用类实践案例两大部分构成,共分为6章,包括评估方法类案例、规划设计类评估案例、管理控制类评估案例和驾驶行为类评估案例等内容。

本书为交通排放相关研究人员和从事交通排放优化控制的城市规划管理者提供了方法指导和实际案例参考,有助于推进低碳交通理念的建立和完善。本书可供交通排放研究领域的教学、科研、管理人员使用,亦可作为交通运输规划与城市规划相关专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

交通排放评估与实践案例 / 于雷等著. — 北京 :
人民交通出版社股份有限公司, 2016. 12
ISBN 978-7-114-13478-4

I. ①交… II. ①于… III. ①交通运输—二氧化碳—
废气排放量—研究—中国 IV. ①X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 279066 号

书 名: 交通排放评估与实践案例

著 作 者: 于 雷 宋国华 陈旭梅 郭继孚

责任编辑: 张 鑫 周 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18

字 数: 426 千

版 次: 2016 年 12 月 第 1 版

印 次: 2016 年 12 月 第 1 次

书 号: ISBN 978-7-114-13478-4

定 价: 80.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

本书以与交通环境相关的各类实际研究案例为基础编写而成。近年来,交通污染问题日益严峻,其造成的负面影响不断蔓延并扩大,关于交通环境问题的研究值得关注。北京交通大学交通运输学院于2002年正式成立交通环境实验室,实验室不仅拥有一流的设备和先进的研究理念,同时也是国内第一个专门以交通为视角对机动车排放与控制问题进行研究的实验室。成立至今,实验室已先后承担并完成了20余项与机动车油耗排放建模、控制策略评价直接相关的研究项目。同时,实验室在动态交通排放测算建模、交通运输能耗和排放的评价与控制、交通信号协调控制与优化、大规模交通数据采集、大型数据库研发、与排放相关的交通特性预测以及基于排放的智能交通优化技术等领域积累了丰富的研究经验和成果。多年的研究成果为本书的编写提供了丰富的理论基础与实践案例。

本书由基础方法类实践案例和应用类实践案例两大部分构成,全书以交通排放评估相关研究为主线展开。第三章为评估方法类案例,第四章至第六章为规划设计类、管理控制类及驾驶行为类案例。

本书以城市排放清单建立方法、交通排放模型及测算方法为理论基础,同时以交通规划、交通管理与控制及驾驶行为优化作为解决交通拥堵、提高交通运行效率和改善道路交通安全环境的具体措施。交通排放评估问题的研究重点随着研究对象不同而有较大差别,例如:宏观层面上,主要研究内容为评估不同的道路网规划、土地利用形式、轨道交通规划、交通枢纽规划及城市综合交通规划等具体的交通规划方案对交通尾气排放造成的影响;中观层面上,主要研究内容为评估不同的交通管理控制措施,如不同的交叉口信号控制策略、公交专用道的设置及公交信号优先控制策略对车辆尾气排放的影响;而在微观层面上,主要研究内容为评估不同的个体驾驶行为策略或交叉口车辆驾驶行为策略对车辆排放的影响。本书结合特定的交通规划、交通管理与控制及驾驶行为策略实际案例,对面向宏观、中观、微观的交通排放评估问题进行分析 and 论述,包括针对具体案例的方法设计以及方法应用。本书为交通排放相关研究人员和从事交通排放优化控制的城市规划管理者提供了方法指导和实际案例参考。同时,本书有助于从事交通规划

的管理者建立并完善低碳交通理念。

本书体现了北京交通大学交通环境实验室多年来在交通环境领域研究过程中的分析、思考与总结,是北京交通大学交通环境实验室和北京交通发展研究中心等其他三家合作单位共同劳动的结晶与成果。感谢北京交通发展研究中心、环境保护部机动车排污监控中心、中国汽车技术研究中心、北京易华录信息技术股份有限公司的共同参与,使本书的研究工作顺利完成。感谢参与本书案例整理与撰写的北京交通大学交通环境实验室的博士研究生张双红、寇伟斌、李晨旭,硕士研究生臧金蕊、唐艺、王静漪、柯靖宇、李祖芬、陈娇杨、谢东岐,是他们的勤奋努力使本书得以顺利编写完成。

由于作者知识水平有限,加之成书时间仓促,书中难免有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

作 者

2016 年 9 月于北京交通大学

目 录

第一章 绪论	1
第二章 重要概念与术语	3
第三章 评估方法类案例	6
案例 1:城市路网中观排放清单的建立	6
案例 2:基于多源数据的城市路网交通能耗和排放模型与算法	22
案例 3:面向油耗排放测算的浮动车数据集成粒度优化	36
案例 4:基于机动车比功率分布的油耗和排放的速度修正模型	52
案例 5:面向交通排放测算的轻重型车比功率分布特性与模型	66
案例 6:利用驾驶模拟建立面向排放分析的车辆运行模式分布的可行性分析	80
案例 7:面向排放测算的车辆跟驰模型对比分析	93
案例 8:面向排放测算的 Wiedemann 和 Fritzsche 跟驰模型优化	105
第四章 规划设计类评估案例	117
案例 9:不同道路拓扑结构上车辆运行模式分布特征及对排放影响	117
案例 10:以交通环境优化为目标的城市土地利用和交通规划方法	129
案例 11:轨道交通沿线客运线路与枢纽规划方案的排放影响评价	142
案例 12:京津冀城市群综合运输规划的节能减排效果评估	156
第五章 管理控制类评估案例	167
案例 13:面向交通管理策略评估的移动源温室气体排放评估	167
案例 14:交通信号控制策略对机动车尾气排放的影响评价	182
案例 15:基于仿真的城市道路设置公交专用道对机动车尾气排放的影响评价	193
案例 16:基于实测数据的公交专用道对交通排放的影响分析	208
案例 17:基于微观仿真的公交信号优先策略对尾气排放的影响	226
第六章 驾驶行为类评估案例	244
案例 18:交叉口邻近区域的先进生态驾驶策略	244
案例 19:驾驶行为对车辆排放的影响	263
案例 20:面向生态驾驶的智能手机应用开发与验证	273

第一章 绪 论

随着城市经济的飞速发展和城市规模的不断扩大,我国各大城市正处于机动化进程中的关键阶段,交通需求与供给之间的矛盾日益突出。交通拥堵、交通安全、公交服务效率低等问题成为许多大城市亟待解决的难题。同时,与之相伴的环境污染给城市居民的身心健康带来了严重损害,连续出现的大范围雾霾天气引起城市居民和各级政府部门的深切关注,而交通运输行业已经成为大气污染的重要来源。环境保护部发布的《2015 年中国机动车污染防治年报》显示,我国已连续六年成为世界机动车产销第一大国,机动车污染已成为我国空气污染的重要来源,是造成灰霾、光化学烟雾污染的重要原因,机动车污染防治的紧迫性日益凸显。监测结果表明,随着机动车保有量的快速增加,我国城市空气开始呈现出煤烟和机动车尾气复合污染的特点,直接影响群众健康。2014 年,全国机动车排放污染物 4 547.3 万 t,其中氮氧化物(NO_x)627.8 万 t,颗粒物(PM)57.4 万 t,碳氢化合物(HC)428.4 万 t,一氧化碳(CO)3 433.7 万 t。汽车尾气排放是上述污染物总量的主要贡献者,其排放的 NO_x 和 PM 超过 90%,HC 和 CO 超过 80%。

在机动化迅猛发展和居民对出行及人居环境提出更新更高要求的新形势下,如何采取有效的路网机动车排放控制策略,减少交通尾气对环境造成的污染,构筑绿色交通体系,已成为世界各国政府普遍关注的问题。而制定有效的路网机动车排放控制策略的前提是准确合理地对路网机动车排放污染进行量化评估,并对具体的交通规划设计案例、交通管控措施及不同的驾驶行为等对交通环境的影响进行评估。因此,建立高效和准确的交通排放评估方法不仅能够实现对节能减排控制策略效果的评估,还可对整个城市的现代交通网络的规划与设计及现代化的交通管理控制措施等进行环境评估。基于此,本书案例分为四大类:

- (1)面向交通排放评估方法的研究类案例。
- (2)面向交通规划与设计的排放评估类案例。
- (3)面向交通管理与控制的排放评估类案例。
- (4)面向不同驾驶行为的排放评估类案例。

交通排放评估基础方法的研究是科学高效进行交通排放评估的基础。本书第三章为侧重交通排放评估基础方法的研究类案例,内容涉及城市路网排放清单建立方法研究,路网交通排放评估数据源的类型、收集和处理类案例,交通排放测算模型及测算方法研究类案例,面向排放测算的交通仿真模型研究类案例等。对交通排放评估基础方法的研究有助于指导城市管理者 and 决策者对各种交通活动进行科学的评估,减少交通对城市环境造成的污染。

由于传统的城市交通规划以满足交通需求为交通规划的目标,未考虑交通发展对资源的占用和对环境的影响,因此,我国大部分城市的交通建设并不完全符合可持续发展的要求,不仅交通拥堵问题十分严重,而且环境质量日益恶化,城市交通问题已成为城市经济发展及人民

生活水平提高的制约因素。按照城市交通可持续发展的理念,需要将资源优化利用、环境保护引入城市交通规划过程,改变传统的以满足交通需求、解决交通问题为唯一规划目标的规划方法,从可持续发展的城市交通规划角度,按照“以人为本”的理念,探讨解决城市交通污染问题的对策,以满足城市交通的可持续发展要求。因此,本书第四章以交通规划设计为研究对象,展示了交通排放评估方法在交通规划设计过程中的应用案例,内容涉及不同道路拓扑结构、土地利用和城市综合交通规划及城市轨道交通线路和枢纽规划对车辆排放及环境影响的评估类案例。

随着近年来自动化与计算机技术的迅速发展以及智能交通技术(ITS, Intelligent Transportation Systems)水平的不断提高,越来越多先进的交通管理手段运用到现有的道路运输系统及其管理体系,比如:信号协调系统、公交专用道设置、公交信号优先策略、车辆生态驾驶、电子收费系统(ETC, Electronic Toll Collection)、出行者信息服务系统等,从而大幅度地提高了路网的通行能力和服务质量。但随之而来的城市道路交通噪声与尾气污染问题越来越严重,道路交通环境问题突出,控制机动车排放污染也日益成为社会关注的焦点。因此,许多学者和研究机构开始致力于研究交通管理控制策略对环境的影响。本书第五章以交通管理控制策略为研究对象,展示了交通排放评估方法在交通管理控制策略的环境影响评价中的应用,内容涉及直接面向交通管理策略评估的移动源温室气体排放评估、不同的交通信号控制策略和先进的公交管理措施(公交专用道设置、公交信号优先策略等)对交通排放的影响评估。

在以交通安全及交通拥堵为主题的研究领域,驾驶行为一直是主要研究方向之一,而驾驶行为又是影响车辆排放的最主要因素之一,不良的驾驶行为,如急加速、频繁停车等均造成车辆的高排放和高能耗。本书第六章即面向驾驶行为,对不同驾驶行为造成的车辆排放进行评估,包括交叉口附近区域不同驾驶行为策略和驾驶员个体行为对车辆排放的评估类案例。第六章案例 20 介绍了一套面向生态驾驶的智能手机应用程序,并对其造成的机动车尾气排放进行了评估。

此外,为便于读者更好地阅读和理解本书研究内容,本书第二章对各研究案例中出现的重要概念、专业术语进行了整理和总结。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国环境保护部. 2015 年中国机动车污染防治年报[EB/OL]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/qt/201601/t20160119_326622.htm.
- [2] Hao Y, Yu, L, Song G, et al. Analysis of Driving Behavior and Emission Characteristics for Diesel Transit Buses Using PEMS Measurements [C]. Transportation Research Board 89th Annual Meeting. 2010 (10-0563).
- [3] Rapone M, Della Ragione L, Prati M V, et al. Driving Behavior and Emission Results for a Small Size Gasoline Car in Urban Operation [R]. SAE Technical Paper, 2000.

第二章 重要概念与术语

本书展示了交通排放研究各个领域的案例,为方便读者快速理解与查阅,本章第一部分介绍了交通排放研究中的重要概念,第二部分总结了本书涉及的交通排放领域的相关术语。

(1) 重要概念

① 浮动车数据(FCD, Floating Car Data)

浮动车数据或称 FCD,是指浮动车在路网中获取的数据。GPS 提供的经纬度与 GIS(Geographic Information System,地理信息系统)技术结合可以识别不同道路上车辆的点车速、路段平均车速等道路交通信息,这些信息正是行驶周期开发的必需信息。因此,FCD 是交通排放研究中重要的数据来源。

② 机动车比功率(VSP, Vehicle Specific Power)

机动车比功率或称 VSP,指发动机每移动 1t 质量(包括自重)所输出的功率,kW/t(或 W/kg)。VSP 的定义见下式:

$$VSP = v \times [a \times (1 + \varepsilon) + g \times \text{grade} + g \times C_R] + \frac{1}{2} \rho \times \frac{C_D \times A \times v^3}{m}$$

式中: m ——车辆质量(t);

v ——车辆瞬时速度(m/s);

a ——车辆瞬时加速度(m/s²);

ε ——质量因子,表示传动系统中转动部分的当量质量,(取 0.1);

grade——道路坡度(%);

g ——重力加速度,取 9.81m/s²;

C_R ——滚动阻力系数,一般在 0.008 5 ~ 0.016 间取值;

C_D ——风阻系数;

A ——车辆前横截面积(m²);

ρ ——空气密度,20℃时取 1.207kg/m³。

用于计算轻型车逐秒 VSP 的方法见下式:

$$VSP = v \times (1.1a + 0.132) + 0.000\,302v^3$$

式中: v ——车辆的逐秒速度(m/s);

a ——车辆的逐秒加速度(m/s²)。

VSP 变量旨在描述驾驶条件(包含:A. 整个行程的平均速度;B. 怠速、加速、减速、匀速四种状态在整个行程中的时间比;C. 机动车的类型;D. 驾驶员驾驶特性)对机动车排放的影响,可以更好地将车辆的瞬时运动状态与油耗和排放联系起来,且相对于速度和加速度,其与油耗和排放的关系更加密切。



③排放率(ER,Emission Rate)

排放率或称 ER,是指机动车行驶单位时间所排放污染物的质量(g/s)。

④排放因子(EF,Emission Factor)和排放量

排放因子或称 EF,是指机动车行驶单位距离所排放污染物的质量(g/km)。排放因子的计算公式如下:

$$\text{排放因子} = \frac{\sum \text{VSP Bin 平均排放率} \times \text{VSP 分布值}}{3\,600 \times \text{平均速度}}$$

式中: 排放因子——机动车行驶单位距离所排放污染物的质量(g/km);
VSP Bin 平均排放率——机动车在各 VSP Bin(VSP 区间)下的排放率(g/s);
VSP 分布值——机动车在行驶周期内各 VSP Bin 下的时间比例,无量纲;
平均速度——机动车单位时间所行驶的距离(km/h)。

定义排放因子后,可利用其计算机动车排放量,如下:

$$\text{排放量} = \frac{\text{排放因子} \times \text{长度} \times \text{车流量}}{1\,000}$$

式中:排放量——机动车单位时间所排放污染物的质量(kg/h);
排放因子——机动车行驶单位距离所排放污染物的质量(g/km);
长度——路段的长度(km);
车流量——单位时间通过道路横断面的车辆数(veh/h)。

⑤行驶周期(Driving Cycle)

行驶周期是指一段车速随时间的变化历程,由一系列连续速度数据构成,以代表一个城市或地区的机动车行驶特征。

行驶周期通常用于实验室汽车排放测试,其主要参数,如平均速度、平均加速度和减速度等应和所在地区的实际交通状况尽量接近。建立标准行驶周期的最初目的是进行标准化的实验室油耗排放测试,但其测试数据长期应用在油耗排放模型开发中,因此也直接影响到区域尾气量化的准确程度。世界各国均制定了不同的标准行驶周期。根据所反映的交通特性进行分类,这些标准行驶周期可分为城市和城郊两大类。

(2)术语

术 语 表

英文全称	缩写	中文名称
Average Speed Intervals	ASI	平均速度区间
Bus Rapid Transit	BRT	快速公交
China Vehicle Emission Model	CVEM	中国机动车排放模型
Compressed Natural Gas	CNG	压缩天然气
Defensive Driving Course	DDC	防御性驾驶过程
Driving Cycle	—	行驶周期
Eco-driving	—	生态驾驶
Electronic Toll Collection System	ETC	电子收费站

续上表

英文全称	缩写	中文名称
Emission Factors	EF	排放因子(g/km)
Emission Rates	ER	排放率(g/s)
Floating Car	—	浮动车
Floating Car Data	FCD	浮动车数据
Fritzsche Model	—	Fritzsche 模型
Full Velocity Difference Model	FVDM	全速度差模型
Geographic Information System	GIS	地理信息系统
Generalized Force Model	GFM	广义力模型
Global Positioning System	GPS	全球定位系统
High Occupancy Vehicle Lane	HOV	大容量车道
Improved Full Velocity Difference Model	IFVDM	改进的全速度差模型
International Vehicle Emission Model	IVE	国际机动车排放模型
Liquefied Petroleum Gas	LPG	液化石油气
Manual Toll Collection System	MTC	人工收费站
Mean Square Error	MSE	均方误差
MOBILE Source Emission Factor Model	MOBILE	移动源排放模型
Motor Vehicle Emission Simulator Model	MOVES	机动车排放模拟模型
New European Driving Cycle	NEDC	欧洲车辆测试的行驶周期
On-board Emission Measurement	OEM	车载尾气排放检测系统
Operating Mode	opMode	运行模式
Operating Mode ID	opMode ID	运行模式编号
Optimal Velocity Model	OVM	最优速度模型
Portable Emission Measurement System	PEMS	便携式排放测试系统
Relative Error	RE	相对误差(%)
Remote Traffic Microwave Sensor	RTMS	远程交通微波传感器
Revolutions per Minute	RPM	额定转速
Vehicle Specific Power	VSP	机动车比功率(kW/t)
Vehicle Specific Power Bin	VSP Bin	机动车比功率区间
Wiedemann Model	—	Wiedemann 模型

第三章 评估方法类案例

交通排放评估是进一步研究交通排放特征和实现城市交通排放优化与控制的基础环节。本章侧重介绍城市交通排放测算评估方法类案例,包括城市排放清单建立方法研究案例、交通排放测算模型及测算方法等相关研究案例。

案例1:城市路网中观排放清单的建立

1.1 案例目标

目前,我国对机动车排放清单的研究多停留在宏观层次,中观层次研究较少且准确度不高,因此迫切需要对我国城市路网中观排放清单建立方法进行系统研究,以尽可能降低城市路网中观排放清单的不确定性。

基于此,本案例基于实测数据对 MOBILE 模型和 IVE 模型进行参数本地化处理后,根据模型预测值与实测值的对比分析确定适用于我国中观层次的机动车尾气排放模型。选取北京市作为研究区域,基于机动车交通行为数据开展中观机动车交通构成研究,从而确定交通流车型构成估算模型;在此基础上,在确定不同平均速度下 VSP Bin 分布后建立北京市城市路网中观排放清单,并对其进行时空分布研究,从而为制定相关控制策略奠定基础。

1.2 方法设计

1.2.1 基本概念和原理

1.2.1.1 MOBILE 模型的概念和原理

MOBILE Source Emission Factor Models 模型用于对各种不同在用车的排放水平进行检测,在测试结果的基础上,考虑了机动车的车龄分布、行驶里程、新车排放因子、劣化率、车辆使用工况以及车用油料特性等诸多因素对排放的影响。

MOBILE 模型的计算思路是:首先根据排放控制水平得到机动车在标准工况下的基本排放因子,然后在此基础上根据实际条件下各种影响因素同标准工况的差别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。计算基本排放因子的公式(式 1-1)是 MOBILE 的核心。式(1-2)是求取实际因子的修正公式,也是 MOBILE 系统的重要组成部分。

$$BEF = ZML + DR \times M_c \quad (1-1)$$

式中:BEF——气态污染物的基本排放系数(g/km);

ZML——零公里排放单位,由数据回归分析求得(g/km);

DR——排放系数劣化率,由数据回归分析求得, $[g \cdot (km \cdot 10^4 km)^{-1}]$;

M_C ——行驶里程,由数据回归分析求得(万 km)。

$$EF_V = (BEF + B_r - B_{IM}) \times C_R \times C_O \times C_S \times C_A \quad (1-2)$$

式中: EF_V ——V类车型的综合排放系数(g/km);

BEF——气态污染物的基本排放系数(g/km);

B_r ——部件损坏造成的排放增加(g/km);

B_{IM} ——I/M规划带来的排放消减(g/km);

C_R ——燃料饱和蒸气压修正因子(g/km);

C_O ——温度工况联合修正因子;

C_S ——速度修正因子,无量纲;

C_A ——空调拖车车载以及湿度的综合修正因子,无量纲。

1.2.1.2 IVE模型的概念和原理

通过运行IVE(International Vehicle Emission Model)模型,能够得到一个地区(城市)范围内机动车所造成的普通污染物、温室效应气体以及有毒污染物总量。其主要目的是为了研究发展中国家机动车尾气排放。

IVE模型首先计算机动车的排放因子,其核心公式见式(1-3),然后根据排放因子对污染物的排放量进行计算,见式(1-4)。

$$F_i = B_i \times T_i \times V_i \times O_i \quad (1-3)$$

$$Q_{\text{running}} = \bar{U}_{\text{FTP}} \times D / \bar{U}_c \times Q_{\text{start}} \quad (1-4)$$

$$Q_{\text{start}} = \sum_i \{f_i \times F_i \times \sum_d [f_{di} \times K_{di}]\} \quad (1-5)$$

式中: Q_{running} ——运行阶段污染物排放量(g);

Q_{start} ——启动阶段污染物排放量(g);

$\bar{U}_{\text{FTP}}$ ——LA4工况下的平均速度(km/h);

D ——车辆行驶总里程(km);

$\bar{U}_c$ ——实际道路的平均速度(km/h);

F_i ——机动车出行比例或启动状态所占比例;

f_{di} ——机动车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} ——机动车行驶或怠速状态的修正因子。

1.2.1.3 决策树算法及原理

决策树的基本组成包含决策节点、分支和叶子,顶部的节点称为根,末梢的节点称为叶子。在决策树中,有两种节点:决策节点和状态节点。由决策节点引出若干数值,每个树枝代表一个方案,每个方案树枝连接到一个新的节点。这个新的节点既可能仍是一个新的决策节点,也可能是一个状态节点。每个状态节点表示一个具体的最终状态。在决策树中,与状态节点相对应的是叶节点。决策树用于解决分类问题时,决策节点表示待分类对象的属性,每个树枝表示它的可能取值,而状态节点则表示分类结果。决策树算法的技术难点是如何选择一个好的

分支方法进行取值。下面简单介绍一下决策树的构造过程：

①从数据源中选取变量。用户从数据源的所有变量中选择一个变量作为因变量,还有多个类似的输入变量。

②分析每个对结果产生影响的变量,对每一变量的值进行分组。这是一个迭代的过程。

③计算得到基于每一变量的分组,找到对于因变量来说最具有预测性的一个变量,并且可用这个变量来创建决策树的叶子节点。

(1) 决策树剪枝

在创建决策树时,由于训练样本太少或数据中存在噪声和孤立点,许多分枝反映的是训练数据中的异常现象。剪枝就是一种克服噪声的技术,它也使简化的决策树变得更容易理解。

(2) 决策树评估

决策树评估即从决策树修剪后生成的多个树序列中获得最优树作为最终构建的决策树。评估方法的基本原理为将因变量数据集分为训练样本和验证样本,利用训练样本生成 $T_{\max}$,并通过修剪生成修剪子树 T_i ,之后利用验证样本计算树序列中各个树的平均误分代价(Average of Misclassification Cost),选取平均误分代价最小的树作为最优树。本案例采用交叉验证生成最终的最优决策树。

1.2.2 模型比选

模型比选的原理为利用测试车辆信息以及测试过程所获取的速度和加速度数据对 MOBILE 模型和 IVE 模型进行参数标定,从而获得其不同路段下相应污染物的排放因子预测值,进而与实测的排放因子进行对比分析,确定符合我国国情的中观层次的机动车尾气排放模型。模型比选流程如图 1-1 所示。

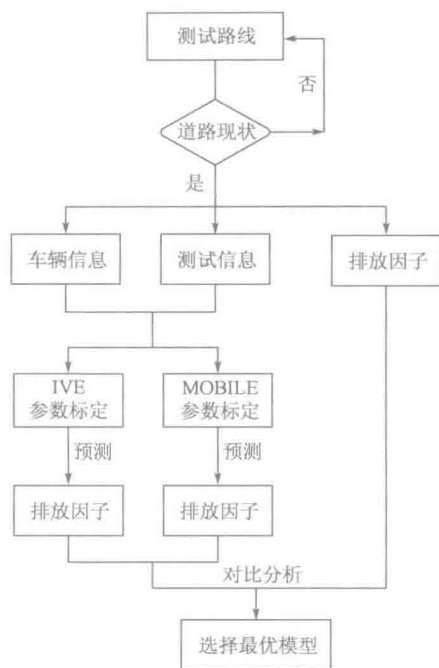


图 1-1 模型比选流程图

1.2.3 中观交通流构成研究

中观交通流构成的研究包括三个步骤:首先分析交通流车型构成的影响因素,从路段等级、路段的物理特征、路段运营特征等出发,得出影响交通流构成的指标;然后将对交通流车型的构成不存在显著影响的指标剔除,从而简化车型构成预测模型的自变量输入,提高模型的计算效率;最后根据相同路段特征指标的数据点具有相同的交通流车型构成这一原则,对路段特征指标进行整理分类,得到不同时间段的车型比例,并对预测准确性进行对比分析。

1.2.4 城市路网中观排放清单建立研究

为建立较为准确的中观排放清单,首先从交通流数据中获得路段流量、路段长度和路段平均速度三个参数;然后通过路段平均速度进行模型预测从而得到基于路段的排放因子,与此同时通过交通流车型构成与路段流量两参数得到不同交通构成的路段车型流量;最后通过不同

路段车型流量、排放因子和路段长度建立城市路网中观排放清单。中观排放清单建立方法,如图 1-2 所示。

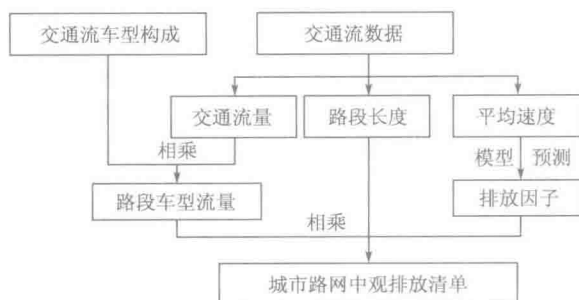


图 1-2 中观排放清单建立方法

1.3 方法应用

本案例将上述方法运用于北京市。为建立北京市路网中观排放清单,本案例首先从交通流数据中获得路段流量、路段长度和路段平均速度三个参数;然后通过模型比选得到适合北京市中观层次的机动车尾气排放模型,并通过得到的模型进行预测从而得到基于路段的排放因子,与此同时通过交通流车型构成与路段流量两参数得到不同交通构成的路段车型流量;最后通过不同路段车型流量、排放因子和路段长度建立城市路网中观排放清单。

本案例的基础数据主要包括两部分:交通流车型数据和交通流数据。交通流车型数据主要用于研究北京市中观交通流的构成,交通流数据主要用于获得模型预测的路段流量、路段长度和路段平均速度等参数。

1.3.1 基于实测数据的 IVE 和 MOBILE 模型比选

为了确定符合我国国情的中观层次的机动车尾气排放模型,本案例基于实测数据,针对不同道路等级下 MOBILE 模型与 IVE 模型的预测精度与实测值进行了对比分析。本案例选取了代表性的路段开展模型预测,如图 1-3 所示。

本案例根据模型比选流程以及实测车辆信息,对 MOBILE 模型和 IVE 模型进行了参数标定,并对实测路段开展中观层次排放因子预测,得到两模型在各路段排放因子预测的相对误差,见表 1-1。从表 1-1 可得出,在不同道路等级下,IVE 模型的相对误差绝对值明显低于 MOBILE 模型,尤其是 NO_x 和 HC 最为明显。因此,IVE 模型相对于 MOBILE 模型更加适用于我国中观层次的排放预测。

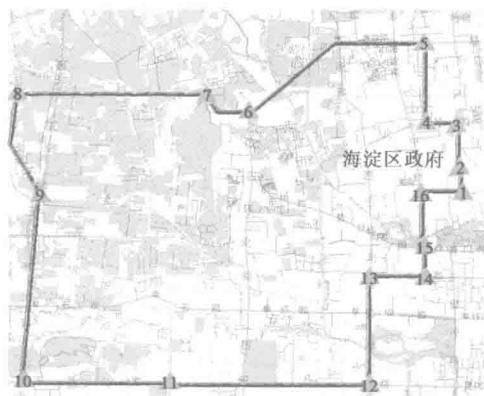


图 1-3 测试路线图

表 1-1

道路名称	相 对 误 差					
	MOBILE 模型相对误差			IVE 模型相对误差		
	NO _x	HC	CO	NO _x	HC	CO
大柳树路	46.79%	80.19%	64.78%	0.74%	25.09%	30.90%
皂君庙路	46.79%	80.19%	64.78%	0.74%	25.09%	30.90%
北三环	35.15%	80.65%	30.90%	6.54%	37.09%	33.30%
科学院南路	19.01%	76.81%	24.12%	-21.72%	7.66%	8.89%
四环	45.34%	74.42%	24.11%	12.31%	5.18%	5.50%
北坞村路	35.99%	74.42%	20.53%	17.54%	19.42%	14.93%
闵庄路	43.28%	66.28%	-5.92%	23.70%	-1.40%	-34.39%
香山南路	27.48%	68.70%	12.91%	7.48%	-0.54%	11.42%
五环	48.99%	33.41%	-65.76%	29.28%	-86.84%	-121.01%
石景山路	38.21%	72.71%	31.44%	6.59%	-0.38%	15.51%
复兴路	38.21%	72.71%	31.44%	6.59%	-0.38%	15.51%
西三环	42.13%	71.49%	15.52%	9.64%	5.45%	11.02%
车公庄西路	38.95%	78.35%	53.64%	-15.33%	-9.94%	39.01%
首都体育馆南路	47.66%	73.07%	35.79%	8.62%	-12.59%	19.89%
中关村南大街	26.26%	71.46%	18.09%	10.65%	18.03%	23.24%
大慧寺路	13.19%	63.35%	12.65%	-2.41%	-13.94%	22.01%

1.3.2.1 数据的采集与整理

(1) 交通流车型数据

(2) 交通流数据

10

不同道路车牌样本量

表 1-2

道路类型	拍摄地点	拍摄时段	识别总数(个)	道路类型	拍摄地点	拍摄时段	识别总数(个)
快速路	东二环	早高峰	6 175	高速公路	六环	早高峰	514
		午平峰	4 529			午平峰	487
	东三环	早高峰	6 349		京沈高速公路	早高峰	5 897
		午平峰	4 235			午平峰	3 297
	西三环	早高峰	6 174				
		午平峰	4 022	主干路	成府路	24h	5 704
	南四环	早高峰	9 026		北苑路	早高峰	1847
		午平峰	5 370			午平峰	1 209
	北四环	早高峰	11 265		东长安街	早高峰	3 657
		午平峰	6 100			午平峰	4 317
	南五环	早高峰	2 172		西长安街	早高峰	4 265
		午平峰	1 550			午平峰	4 713
	西二环	24h	45 457		中关村南大街	24h	25 668
	北五环	早高峰	5 711		莲石路	早高峰	5 572
		午平峰	3 479			午平峰	4 609
	北三环	24h	40 274		阜通西大街	早高峰	1 576
						午平峰	600
高速公路	京承高速公路	早高峰	5 172		朝阳门内大街	早高峰	1 051
		午高峰	2 411			午平峰	744
	京津塘高速公路	早高峰	4 494		广安门内大街	早高峰	2 085
		午平峰	2 321			午平峰	1 632
	京开高速公路	早高峰	7 796		石景山路	早高峰	1 382
		午平峰	4 848	午平峰		1 261	
	京石高速公路	早高峰	5 364	永定门外大街	早高峰	1 172	
		午平峰	2 274		午平峰	754	
	八达岭高速公路	早高峰	6 614				
		午平峰	4 385				
总计(个)				1 088 537			

1.3.2.2 交通流车型构成估算

(1)交通流车型构成影响因素分析

本案例结合实际情况,并参考国内外相关研究,从路段等级(快速路和主干路等)、路段的物理特征(车道数、是否有隔离带)、路段运营特征(是否有限速)、路段所处交通调查区域综合特征(城市化水平)以及区域土地利用特征(土地利用类型)出发,得到了道路通行能力、距城中心距离、南北城、东西城、道路类型、车道数和土地利用类型七个影响因素。