

邓顺熙 著

公路与长隧道 空气污染影响 分析方法



科学出版社
www.sciencep.com

公路与长隧道 空气污染影响分析方法

邓顺熙 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是作者1994年以来完成的交通部科研项目“公路汽车污染物排放因子的研究”、国家西部交通建设科技项目专题“秦岭终南山特长公路隧道污染物浓度控制标准与环境影响研究”及交通部项目(专题)“雾对高速公路交通运输的影响研究”等工作的总结。书中系统、深入地论述了公路机动车污染物排放因子的实验测试、各类污染物排放因子的制定方法、公路机动车污染物排放强度与参数的计算方法;公路机动车多源扩散模式的建立、解析求解理论与方法、模式的影响因素与可靠性分析;特长公路隧道空气污染物浓度设计限值确定的依据与方法、多竖井公路隧道内与竖井排风污染物浓度模拟、隧道洞口排污环境影响数值分析方法;环境雾引发高速公路交通事故及其危害、雾的微观量与能见度的关系、雾环境公路可视信息及影像模拟等。

本书可供交通运输工程、环境科学与工程、公路工程和隧道工程专业的科学研究人员、工程技术人员、高等院校的教师及研究生和高年级本科生参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路与长隧道空气污染影响分析方法/邓顺熙著.
—北京:科学出版社,2004
ISBN 7-03-013274-2
I. 公… II. 邓… III. ①公路-空气污染-分析方法
②公路隧道-空气污染-分析方法 N. X51
中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第038899号

责任编辑:刘宝莉 吴伶俐 王国华 / 责任校对:刘艳妮
责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方上林工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年9月第一版 开本:B5(720×1000)

2004年9月第一次印刷 印张:15 1/2

印数:1—2 000 字数:300 000

定价:32.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

序 言

近年来,我国高速公路建设快速发展,每年投入公路建设的资金超过 2000 亿元人民币。公路建设在推动国民经济发展的同时,也对环境产生了一定的负面影响。公路空气污染不论其排放源还是对环境的影响都有特殊性。特别是长大公路隧道,相对封闭的隧道环境不仅易受污染,而且对隧道安全有重大影响。近年来,因秋冬季大雾引起高速公路汽车追尾的事故也不时出现在媒体中。

对公路、隧道方面的环境影响以及大雾对高速公路运输影响的研究在我国起步晚,研究成果不多,特别是一些基础性的研究工作,如机动车污染物排放基准参数等,基本沿用发达国家的数据,而发达国家无论机动车污染控制与排放水平,还是公路运营管理水平均与我国有较大差异。在公路机动车空气污染影响分析方法方面,我国基本上是沿袭工业点污染物排放模式体系,这使得在处理公路、隧道空气污染问题时遇到不少诸如分析方法的科学性、分析结果的可靠性等工程应用的实际问题。因此,开展国内公路与环境相互影响的课题,研究并制定适合我国国情的公路环境影响参数和分析方法,提高公路、隧道工程与环保设计水平,尤为迫切和重要。

阅读了《公路与长隧道空气污染影响分析方法》一书的初稿后,深感出版之必要。作者以他近 10 年的研究工作为基础,采用基础理论分析、实验室与现场测试相结合,为公路、隧道工程环境影响分析提供了系统的理论、方法和实例,其中一些成果已被工程和相关部门所采用。

该书内容系统而集中,包括公路机动车污染物排放因子计算、优化识别,公路机动车多源扩散方程的建立、求解和验证,公路隧道空气质量方程建立,隧道洞口、竖井排放污染物浓度场的模拟方法,环境雾与能见度的关系以及对高速公路行车安全影响等。涉及当今高速公路及特长公路隧道工程的一些重大或敏感环境问题,特别是对空气污染的理论和方法进行了系统全面的分析与介绍。

该书不仅学术价值高,而且工程实用价值大。公路、隧道的环境影响问题涉及众多学科和领域,是多学科交叉和学科的边缘延伸,是新的有待发展的学科领域。

我衷心祝贺作者出版这本专著,并相信该书的出版将对我国高速发展的公路、隧道工程建设环境保护工作的研究与应用起到积极的推动作用。



2004 年 2 月

前 言

自 20 世纪 80 年代末以来,随着我国机动车保有量的迅猛增加和公路建设的快速发展,公路机动车污染问题逐渐显现出来,我国开始并实施了公路建设项目环境影响评价制度,要求对公路建设和营运中空气污染进行影响评价,并采取环境保护措施减少空气污染。然而实践表明,由于公路、隧道车流污染物排放不同于工业排放源。汽车排污与扩散发生在近地面层最低层,公路隧道又是一个相对封闭的空间,其污染物的扩散过程具有鲜明的特殊性。沿用一些国外的排放参数和常规的方法来分析公路、长大公路隧道空气污染影响,其结果常与实际相差很远,有时甚至影响到工程设计的质量。因此,迫切需要对我国公路机动车污染物排放参数及污染影响的规律与特征进行深入研究,以提高公路、隧道空气污染影响分析的水平。为此,我们在近 10 年,在交通部的相关课题的资助下,对公路机动车污染物排放与扩散、特长公路隧道空气污染、雾对高速公路交通运输的影响等相关问题开展基础性研究。

我们在 1994~1997 年承担并完成了交通部科研项目“公路汽车污染物排放因子的研究”;在 1997~1999 年,承担并完成了长安大学(原西安公路交通大学)科研基金项目“公路机动车多源排放扩散模式”的研究工作;在 1998~2001 年完成交通部“沪(上海)蓉(成都)国道主干线快速运输系统规划”专题“雾对高速公路交通运输的影响研究”工作;在 2000~2003 年,承担并完成了国家西部交通建设科技项目专题“秦岭终南山特长公路隧道污染物浓度控制标准与环境影响研究”工作。经过近 10 年的工作,我们采取建立理论模型、实验室,结合公路、隧道现场测试与实际工程分析研究的方法,从公路机动车污染物排放强度计算方法的建立到排放参数取值的优化识别,从公路机动车多源扩散方程的建立到公路排放源的参数化、方程的求解与验证,从特长公路隧道空气污染物浓度控制限值到隧道内空气质量、隧道竖井排放、洞口排放污染影响分析方法等,进行较全面、系统、深入的研究,取得了一系列的研究成果,基本形成了公路、长隧道空气污染影响的原理与方法。

本书是我们近 10 年研究工作与研究成果的总结,全书共分 4 篇 14 章。

第一篇:公路机动车污染物排放因子(第 1 章~第 4 章)。第 1 章简要介绍了公路空气污染问题和确定机动车污染物排放量的原理与方法。第 2 章介绍了用公路隧道法确定机动车排放因子中的污染物采样与分析、气象条件观测、交通量统计等实验。第 3 章叙述了在实验室用测功机等测定机动车单车污染物排放特性,典型机动车污染物排放因子与车速的关系,分类型(轻型、中型和重型等)单车污染物排放

因子的优化确定方法。第4章提出了公路机动车一氧化碳(CO)、二氧化氮(NO₂)和碳氢(HC)化合物排放强度的计算方法及其各参数的取值。

第二篇:公路机动车排气扩散模式(第5章~第7章)。第5章针对公路环境和机动车排放的特点,对公路车流排放源进行了模式化。从质量守恒定律,建立了风速和扩散系数随高度变化的公路机动车多源扩散方程,并提出了在边界污染物为全反射、全吸收以及两类混合条件下的定解问题。第6章引用Green函数的概念与数学工具,提出求解公路机动车多源扩散方程的思路,利用偏微分方程的特征值理论,系统地求得了各类边界条件下的Green函数。根据合适的Green函数分量与排放源强相组合,得到各类边界条件下公路排放为多点源、等效线源和面源时污染物浓度的解析解。第7章分析了一些重要的公路工程和环境参数对机动车排放污染物浓度分布的影响特征,并结合高速公路实例对模式的精度进行了评价。

第三篇:特长公路隧道空气污染及环境影响(第8章~第11章)。第8章简要介绍了特长公路隧道涉及的空气污染问题与解决的途径,针对我国最长的秦岭终南山公路隧道,分析了隧道环境条件及建设的环境要求。第9章介绍了制定公路隧道污染物浓度设计限值的原则与发展历程,论述用污染物剂量-反应等理论制定特长公路隧道内污染物浓度设计限值的方法与工程应用。第10章介绍多竖井送排风公路隧道内空气质量方程、隧道内空气污染物浓度和竖井排风空气污染影响分析方法。第11章分析了特长公路隧道洞口空气污染问题,采用有限元法数值方法模拟了秦岭终南山公路隧道洞口排放污染物浓度场、通量场以及洞口之间的相互污染影响。

第四篇:雾对高速公路交通运输的影响(第12章~第14章)。第12章针对沪一宜高速公路论述了雾引发的交通事故及其危害。第13章分析了高速公路沿线多雾路段及形成雾的环境条件,论述了雾的微观量与能见度的关系,并对沪一宜高速公路沿线典型雾的微观量的特征及演变以及人工影响雾改善高速公路能见度的可行性进行了分析。第14章介绍了高速公路多雾路段自动雾预警系统的概念,大雾中高速公路机动车安全行驶限速值的制定方法以及公路环境雾的亮度、雾对公路环境可视信息的影响模拟等。

参与相关研究工作的主要人员还有:董小林教授、曹申存副教授、官燕玲副教授、陈爱侠副教授、陈洁高级工程师等,在此表示感谢。陈荫三教授对本书的第三篇和第四篇内容进行了全面的审阅,提出了许多宝贵的意见与建议。李百川教授仔细审阅了第一篇和第二篇内容,并对部分章节提出了具体修改建议。我国资深公路专家、前西安公路学院院长,王秉纲教授为本书撰写了序言,在此作者表示衷心感谢。

感谢交通部公路司、科教司,长安大学等机构和单位对研究工作的资助。

鉴于公路与隧道空气污染问题的复杂性,目前还有许多问题需进一步研究与完善。由于作者水平所限,书中难免有错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

目 录

序言 前言

第一篇 公路机动车污染物排放因子

第 1 章 绪论	1
1.1 公路空气污染问题的提出	1
1.2 公路机动车污染物排放研究的目的	2
1.3 确定公路机动车污染物排放量的原理与方法	3
1.4 确定机动车污染物排放因子的技术路线	7
第 2 章 公路隧道内污染物浓度、风场测试及交通量	10
2.1 实验隧道、环境与工程参数	10
2.2 实验隧道内空气污染物采样与分析	12
2.3 测试期间交通量及车型组成	23
2.4 测试期间隧道内风速等气象条件	25
2.5 小结	29
第 3 章 公路机动车污染物排放因子的确定	30
3.1 隧道法确定车流平均污染物排放因子	30
3.2 典型机动车污染物排放因子与车速的关系	35
3.3 机动车污染物排放因子车速订正系数	40
3.4 分类型车污染物排放因子的优化确定	45
3.5 小结	48
第 4 章 公路车流污染物排放强度及可靠性分析	50
4.1 车流(线源)污染物排放强度	50
4.2 排放强度可靠性分析	52
4.3 小结	56
参考文献	57

第二篇 公路机动车排气扩散模式

第 5 章 公路机动车排气扩散模式的建立	61
5.1 研究背景	61

5.2	大气平流扩散方程	66
5.3	公路机动车排放源的模式化	68
5.4	u 和 K_y 、 K_z 的确定	71
5.5	边界条件	73
5.6	小结	75
第 6 章	公路机动车多源扩散方程的求解	76
6.1	一般解的构成	76
6.2	Green 函数 z 分量 G_z 的求解	78
6.3	Green 函数 y 分量 G_y 的求解	84
6.4	几种典型排放源污染物浓度解析解	85
6.5	可化为高斯烟流模式	87
6.6	公路隧道内纵向污染物浓度预测模式	89
6.7	小结	93
第 7 章	公路边污染物浓度影响因素与模式评价	94
7.1	公路边污染物浓度分布影响因素	94
7.2	模式评价	96
7.3	小结	98
参考文献		99

第三篇 特长公路隧道空气污染与环境影响

第 8 章	特长公路隧道空气污染问题	103
8.1	研究背景	103
8.2	研究对象——秦岭终南山特长公路隧道	106
8.3	小结	112
第 9 章	特长公路隧道污染物浓度设计限值的确定	113
9.1	确定的原则与发展历程	113
9.2	确定 CO 浓度设计限值的理论依据	118
9.3	特长公路隧道内 CO 浓度限值的确定	122
9.4	特长公路隧道内烟雾浓度设计限值	125
9.5	隧道竖井污染物允许排放限值	128
9.6	小结	129
第 10 章	特长公路隧道内空气质量与竖井排污影响	130
10.1	多竖井分段通风公路隧道内空气质量方程	130
10.2	终南山公路隧道内纵向污染物浓度分布	137
10.3	公路隧道竖井排污环境影响分析	139
10.4	竖井排污最大地面浓度的估算	149

10.5	终南山公路隧道竖井排烟环境影响分析	152
10.6	小结	159
第 11 章	特长公路隧道洞口空气污染影响分析	160
11.1	终南山公路隧道南洞口布局	160
11.2	公路隧道洞口外环境污染物浓度方程组	161
11.3	隧道洞口外污染物浓度场的数值求解	165
11.4	终南山公路隧道洞口外 CO 浓度场及其影响分析	168
11.5	小结	174
参考文献		175

第四篇 雾对高速公路交通运输的影响

第 12 章	环境雾与高速公路交通安全	179
12.1	我国高速公路事故率及其特点	179
12.2	研究对象与内容	182
12.3	沪一宜高速公路因雾引发交通事故及其危害	183
12.4	沪一宜高速公路采取的预防雾事故措施	187
12.5	小结	190
第 13 章	公路沿线地区雾的分布及特征	191
13.1	沪一宜高速公路沿线地区雾日数及变化	191
13.2	沪一宜高速公路多雾路段及形成雾的环境条件	196
13.3	环境雾的微观量与能见度的关系	202
13.4	沪一宜高速公路沿线典型雾的微观量	206
13.5	人工影响雾改善高速公路能见度可行性分析	210
13.6	小结	212
第 14 章	雾环境公路可视信息及影像模拟	213
14.1	高速公路多雾路段自动雾预警系统	213
14.2	雾环境机动车限速值的确定方法	215
14.3	公路行车状态雾亮度影响分析	218
14.4	雾对公路环境视觉影像影响模拟	225
14.5	小结	229
参考文献		231
作者简介		233

第一篇 公路机动车污染物排放因子

第1章 绪 论

1.1 公路空气污染问题的提出

近年来,随着我国高等级公路建设的迅速发展,公路机动车排气造成的空气污染问题日益受到社会各界的关注。定量评价和预测公路、隧道机动车排气对环境的污染,进而采取相应的环境保护设计和防治措施,使公路建设和营运对环境产生的不利影响减小到最低程度,是实现公路运输、汽车产业可持续发展的根本途径^[1~3]。

公路机动车废气排放产生的环境问题涉及机动车空气污染物的排放,废气进入大气后的平流、扩散过程和对环境的影响等。图 1-1 为公路机动车污染物排放产生的环境问题及解决途径流程图。由图 1-1 可见,研究公路机动车排气污染问题的基础是:①研究反映我国机动车排放水平的公路机动车污染物排放强度计算方法及参数取值;②建立描述公路机动车污染物排放特点的扩散模式;③研究环境、气象条件对公路机动车排放污染物的平流输送与扩散的影响;④研究道路结构(如路基形式,隧道结构等)对公路机动车空气污染物扩散的影响;⑤公路沿线地区实施的环境空气质量标准;⑥公路上机动车排气产生的污染物,当其浓度超过环境空气质量标准时,应采取的各种减少机动车排放的控制措施;⑦从公路环境规划(改变线位,避开环境敏感区)的角度减少公路对环境的影响。其中:⑤为公路建设项目环境影响评价的过程,我国已颁布专门的技术规范^[4],指导公路项目环境影响评价;⑥和⑦为减轻公路机动车污染物排放的控制措施,论述这方面的专著已有不少^[5~7],本书不再叙述。①、②、③和④为科学规划、合理评价和有效防止公路机动车空气污染的基础,是本书主要论述的内容。本书的第一篇主要针对我国公路在用机动车,研究图 1-1 中①公路机动车污染物的排放;第二篇研究公路机动车污染物的扩散问题,即图 1-1 中的②、③和④;第三篇研究特长公路隧道涉及的空气污染控制标准、隧道内空气污染、隧道竖井与洞口污染物排放对环境的影响等问题;第四篇针对我国

上海至宜昌高速公路,讨论环境雾对高速公路运输的影响。

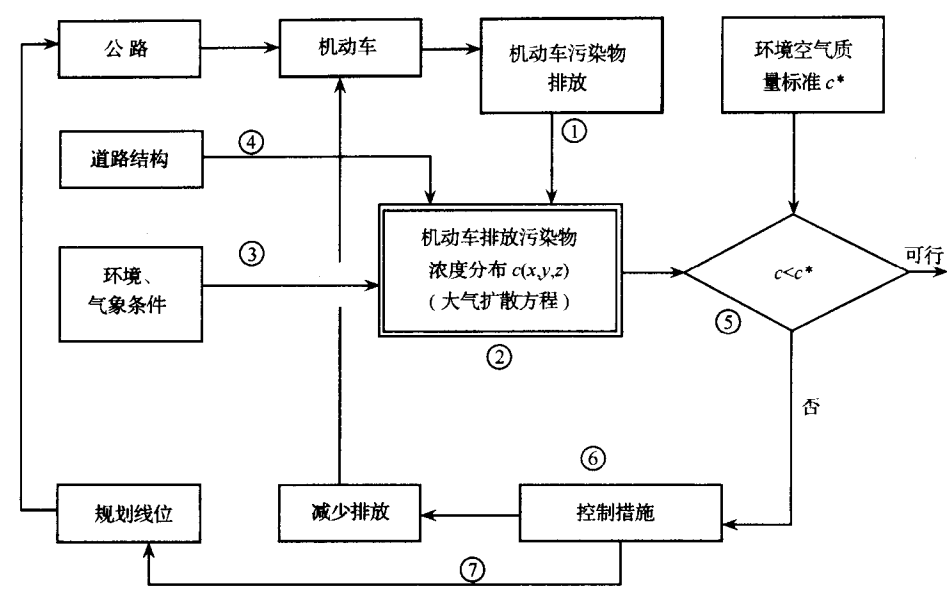


图 1-1 公路机动车污染物排放产生的环境问题及解决途径流程图

1.2 公路机动车污染物排放研究的目的

通过系统地研究我国目前在用机动车空气污染物(CO、NO₂ 和 HC)排放水平及排放特性,建立反映我国目前公路上行驶机动车车流污染物排放强度的计算方法,并研究与讨论各参数的取值。

研究成果可供公路交通空气污染物排放量的计算^[8]、公路项目环境影响评价^[9,10]、公路隧道空气污染分析与通风设计^[11~14]、城市道路空气污染模拟预测和公路环境规划等^[15]领域参考使用。

在具有代表性建成公路隧道内,通过大量采样和分析隧道内机动车排气产生的污染物浓度样品与在实验室底盘测功机(classis dynamometer)上模拟测试我国代表性机动车单车污染物排放特性相结合,研究我国机动车在公路行驶状况下污染物排放因子;根据实测数据,采用线性优化的方法求取分类机动车(轻型车、中型车、重型车和摩托车)污染物排放因子;提出公路机动车流(线源)CO、NO₂ 和 HC 排放强度的计算方法及各参数的取值。

1.3 确定公路机动车污染物排放量的原理与方法

1.3.1 公路机动车污染物排放研究概况

1. 国外研究现状

自 20 世纪 70 年代以来,美国、日本等工业发达国家经历了机动车尾气污染、光化学烟雾事件^[16]后,针对机动车排气中污染物及其对大气环境的影响,开始研究机动车尾气中污染物成分及排放特性,制定出检测机动车尾气排放的规程和机动车污染物排放量的计算方法。国外研究主要集中在以下几个方面:

1) 机动车污染物排放特性的研究

机动车的排放特性通常指汽车在各种行驶状态下,尾气中污染物、燃料的蒸发及曲轴箱排放物的变化规律。目前一些西方国家已颁布了一系列规范性机动车尾气标准工况测定方法,如美国的 FTP^[17]、欧洲的 ECE-15^[18]工况法等,在试验台架上对机动车污染物排放状况进行测定,并积累了大量汽车排放特性的数据。在此基础上建立了机动车污染物排放因子的计算模型,其中最有代表性的是美国国家环境保护局(EPA)的 MOBILE 系列模型^[19,20]和欧洲的 CORINAIR 模型^[21]。

美国国家环境保护局提出的计算机动车污染物排放强度的 MOBILE 系列模型迄今有 6 个版本,该模型的特点是以检测汽车新产品污染物排放(FTP 规程)结果为基础,再考虑影响汽车污染物排放因素的校正因子。这些校正因子有汽车行驶速率、发动机温度(热/冷起动)、车型比例、汽车使用年限、汽车运行里程等。该模型的优点是考虑了影响机动车排放特性的多种因素,能计算城市道路上复杂行车状况下的污染物排放强度。不足之处是公式中的一些参数在没有详细机动车档案记录、专业技术资料的情况下难以确定。

2) 通过测试公路隧道内机动车污染物浓度确定排放强度

自 20 世纪 80 年代以来,由于公路隧道空气污染防治、隧道安全防火和隧道机械通风设计等方面的要求,需要真实的公路(on-road)行驶机动车(车流)的空气污染物排放强度。美国联邦公路管理局(FHWA)以及福特(FORD)、通用(GM)汽车公司等,先后在营运的公路隧道内,通过测试机动车污染物浓度来研究和确定公路机动车污染物排放因子^[22~25]。有代表性的和较完整的隧道空气污染研究成果有 Allegeny 公路隧道^[22]、Tuscarora 隧道、Vancouver's Cassiar 隧道^[23]、Allegeny 隧道和 Gubrist 公路隧道^[24]机动车 CO、NO_x、HC 排放因子等。表 1-1 列出其研究结果。

表 1-1 国外公路隧道机动车污染物排放因子(单位:g/km)

隧 道		CO	NO _x	HC	备 注
Tuscarora	重型车	3.75	11.86	0.42	高速公路
	重型车	6.11	8.94	0.96	
Vancouver's	重型车	5.09	0.71	0.43	城市隧道
Cassiar	重型车	16.15	10.75	1.05	
Allegeny	汽油车	8.7±0.4	0.2±0.2		
	柴油车	4.6±0.6	7.9±0.4	3.8±0.8	
Gubrist	轻型车	4.087	0.4322	0.372	高速公路
	重型车	4.173	0.5037	0.213	

2. 国内研究现状

与发达国家相比,我国对机动车污染物排放量及排放因子的测试和研究起步较晚,实际上在“七五”期间才开始考虑这方面的问题。除制定我国汽车污染物测试规程外,其他均属初步探讨性工作。

1) 汽车排放污染物测定方法的制定

中国一汽集团长春汽车研究所以国外流行的汽车排气试验规程为蓝本,起草了我国“轻型汽车排气污染物测定方法”和“重型汽车排放试验方法”,成为我国汽车污染物排放测量方法最早的技术法规。

2) 汽车污染物排放因子的测试

1986年,原西安公路交通大学等单位根据我国公路项目环境影响评价和隧道通风设计的需要,开始了我国机动车污染物排放因子的研究。通过对一些典型汽车污染物排放量的实测,得出了当时我国几种有代表性的汽车在等速行驶的情况下,其污染物排放因子和ECE-15工况污染物排放量。该成果成为我国公路项目环境影响评价中计算机动车空气污染物排放强度的基础数据,已得到广泛应用。

清华大学等单位采用美国国家环境保护局开发的MOBILE5模型模拟北京等城市道路上机动车的污染物排放量,并通过分析在机动车台架上测试的结果,对MOBILE5模型进行改进,试图建立适合中国城市特点的排放因子计算模型^[26,27]。

北京大学与广州市环境科学研究所共同对广州市城市交通隧道进行实测,以获得城市机动车污染物排放因子^[28]。

除对新车排放鉴定测试外,当前汽车环保检测时对汽车排气的测定只限于怠

速条件,与公路上行驶车辆污染物排放因子相差很大。

此外,对美国国家环境保护局计算机动车污染物排放因子的 MOBILE 系列模型的分析发现,该方法在我国尚难以直接应用。首先,我国没有采用 FTP 规程来测定汽车的污染物排放量,而美国的 FTP 规程单车排放数据不能代表我国汽车的技术和污染物排放水平;其次,汽车使用年限和年度行驶里程数据在我国交通部门的公路工程设计中很难确定,而目前我国其他相关部门也没有这方面的数据库以供使用;最后,对于高等级公路上行驶的机动车,基本上没有冷起动问题,环境温度对机动车污染物排放的影响并不显著。因此,以我国公路行驶机动车污染物排放为基础,确定反映我国公路实况下的机动车污染物排放因子,是从根本上解决我国公路机动车污染物排放强度计算问题的关键。

1.3.2 几种车流污染物排放强度的确定方法及优缺点

在公路上各类型车辆单位时间、单位行驶里程排放某污染物的量称为公路机动车流污染物排放强度,单位为 $\text{g}/(\text{km} \cdot \text{s})$ 或 $\text{m}^3/(\text{km} \cdot \text{s})$ 。

机动车排放因子是指单车运行单位里程或消耗单位燃料排放的污染物的量,单位为 $\text{g}/(\text{km} \cdot \text{辆})$ 或 g/kg (以燃料计)。车型不同、污染物不同,其排放因子也不同。排放因子反映了机动车污染物的排放水平,是计算公路车流污染物排放强度的关键参数。

1. 单车污染物排放因子法

单车污染物排放因子法把公路上的车流分为几类(有的分为轻型车、中型车和重型车三类,有的分为轻型车、中重型车两类),对几类机动车利用底盘测功机和尾气分析系统模拟测得其单车污染物排放因子,再根据交通量计算车流污染物排放强度。其代表公式为

$$Q_j = \frac{1}{3600} \sum_{i=1}^n \lambda_{ij}(v) K_{ij} A_i \quad (1-1)$$

式中: Q_j ——单位时间、单位长度公路上各种类型机动车 j 种污染物排放强度, $\text{g}/(\text{km} \cdot \text{s})$;

A_i ——公路上 i 类型机动车交通量, 辆/h;

λ_{ij} —— i 型机动车 j 污染物排放因子车速订正系数;

K_{ij} ——机动车单车排放因子, $\text{g}/(\text{km} \cdot \text{辆})$, 即 i 种机动车行驶单位里程 j 种污染物排放量。在式(1-1)中, $i=1, 2, 3$ 分别表示轻型车, 中型车, 重型车; $j=1, 2, 3$ 分别表示一氧化碳(CO), 二氧化氮(NO_2), 碳氢(HC)化合物。

该方法的关键是如何确定单车污染物排放因子 K_{ij} 。此方法的优点是可以利用

汽车底盘测功机模拟公路上车辆行驶状态(加速、减速、匀速等),在车流污染物排放强度(或源强)公式中考虑了公路行驶车辆的组成(车型比例)。计算方法适应性强,易于推广到不同等级公路的环境影响评价和公路环境保护设计(如隧道通风)中。不足之处是各类型车的单车排污因子 K_{ij} 值离散性大^[29]。要取得统计意义上的轻型车、中型车和重型车的 K_{ij} 代表值计算得出的公路上车流的排放强度 Q_{jt} ,与实际公路车流的排放强度 Q_j 之间存在着差别,而且这种差别的程度尚难以估计。

2. 利用车辆耗油量确定车流污染物排放强度

利用车辆耗油量确定车流污染物排放强度是以车辆行驶单位里程耗油指标确定车流污染物排放率^[30,31]的。此法在分析城市和区域空气污染问题中^[31]应用得比较多。20 世纪 90 年代,我国有些单位在公路项目环境影响评价中采用过车辆行驶燃油量确定公路线源污染物排放强度。燃油法确定车流污染物排放强度的优点是简单;局限性是确定的污染物排放强度不能体现公路上车辆行驶状态对其的影响。此外,车辆排放污染物(CO、NO_x、HC)的多少与车辆的运行工况、空燃比等因素有关^[32],而且机动车排放的 NO_x(NO+NO₂)的形成,以发动机气缸做功过程高温空气中氮气和氧气的合成为主,而与机动车耗油没有确定的函数关系^[33]。所以,这种方法在公路机动车污染影响分析和公路隧道通风设计计算中应用较少。

3. 利用公路隧道确定车流污染物排放强度

在建成营运的公路隧道内,测试车流污染物排放形成的污染物浓度的分布和隧道内风场等环境要素,再通过隧道内污染物质量守恒方程,可导出机动车流污染物排放强度^[34,35]。用公路隧道内实测污染物浓度分布确定的污染物排放强度,代表真实公路上车辆行驶状态下的排污情况。由于隧道的封闭环境以及隧道进出口污染物浓度、风速等环境要素的测试易于实现,这种方法自 20 世纪 80 年代以来被许多国家广泛采用^[36~43]。隧道法的优点是计算出的车流平均单车污染物排放因子符合实际车流的污染物排放水平,同时回避了在 MOBILE 系列模型中诸如汽车车龄、行驶里程等难以确定的因素;缺点是不易分出各类型车污染物排放的分担率。

4. 利用建成公路确定车流污染物排放强度

在建成通车的公路上选取一个实验断面(在该公路断面除机动车排气影响外,无其他空气污染源影响),在断面两侧不同距离上实测公路上行驶机动车排放的污染物浓度分布,同时统计交通量、车型比例,并测试大气风场、湍流扩散系数及大气稳定度等环境气象要素等。在测试数据完整可靠的情况下,可以利用大气扩散方程^[44,45]导出过往公路断面车辆的污染物排放强度。这种方法的优点是可以分析环

境对机动车排放污染物扩散的影响^[46],对研究机动车污染物扩散模式及评价模式的有效性特别有用;缺点是实验需要投入的测试设备和人员很多,而且测试过程受环境气象条件影响显著,其确定的机动车污染物排放强度精度差。此外,这种方法也不易计算车辆类型对污染物排放强度的贡献。

1.4 确定机动车污染物排放因子的技术路线

机动车污染物排放因子(排放基准值)在计算道路车流污染物排放量,公路建设项目环境影响评价,公路隧道通风设计,城市交通尾气污染物计算以及制定交通环保、机动车污染物控制法规等领域有重要的应用。通过实测我国公路机动车污染物排放量并结合其排放特性,确定排放基准值,最终建立符合我国道路上行驶机动车污染物排放强度的计算方法,并给出关键参数的取值,为我国相关的公路环保标准、规范的编制提供科学依据,改变我国道路环保设计、公路隧道通风设计等领域中借用国外汽车污染物排放因子的现状。

1.4.1 技术思路

目前,在我国的高等级公路设计中,一般通过在拟建公路起终点(OD)进行交通量调查和根据地区经济增长率来预测公路运营期各特征年的交通量^[47]。从我国已做过的大量公路项目工程可行性研究报告看,公路所经过的地域、地区经济类型以及公路沿线地区的矿产资源不同,交通量和车型比例差别较大。公路的技术等级不同,设计行车速率也不同。在同一公路上行驶的小型车、中型车和重型车车速也不相同。所以,在确定公路机动车污染物排放因子时必须考虑车型和行车速率等因素。

为了使公路机动车污染物排放强度的计算建立在我国目前在用的机动车技术水准和我国高等级公路路况行驶条件下的污染物排放基准上,结合1.4节各种确定机动车污染物排放因子方法的优点,本篇采用在公路隧道内实测机动车排放污染物浓度的方法来确定机动车车流平均单车污染物排放因子。

鉴于通过公路隧道的机动车车速被限制在一定范围内,用隧道实测方法不便于分析车流平均单车污染物排放因子与车速的关系,因此选取一些有代表性的在用机动车,在能模拟道路荷载功能的底盘测功机上,实测不同车速(均匀条件)下的单车污染物排放因子(或浓度),以获得排放因子的速率订正曲线。

1.4.2 确定公路机动车污染物排放因子的步骤

确定公路机动车污染物排放因子的实施步骤如下:

- (1) 选取代表性公路隧道,实测其内车流排放污染物浓度分布 $[c_j(x)]$;

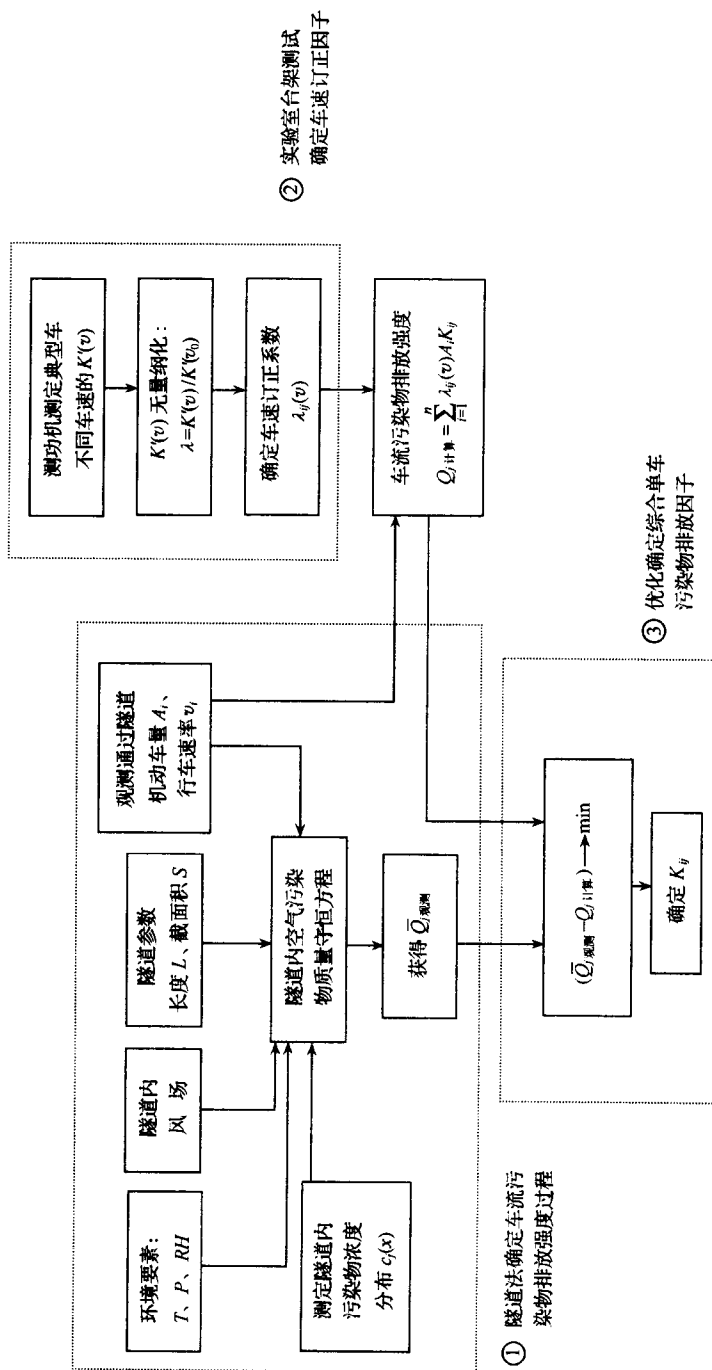


图 1-2 确定机动车单车污染物排放因子技术方案流程图